



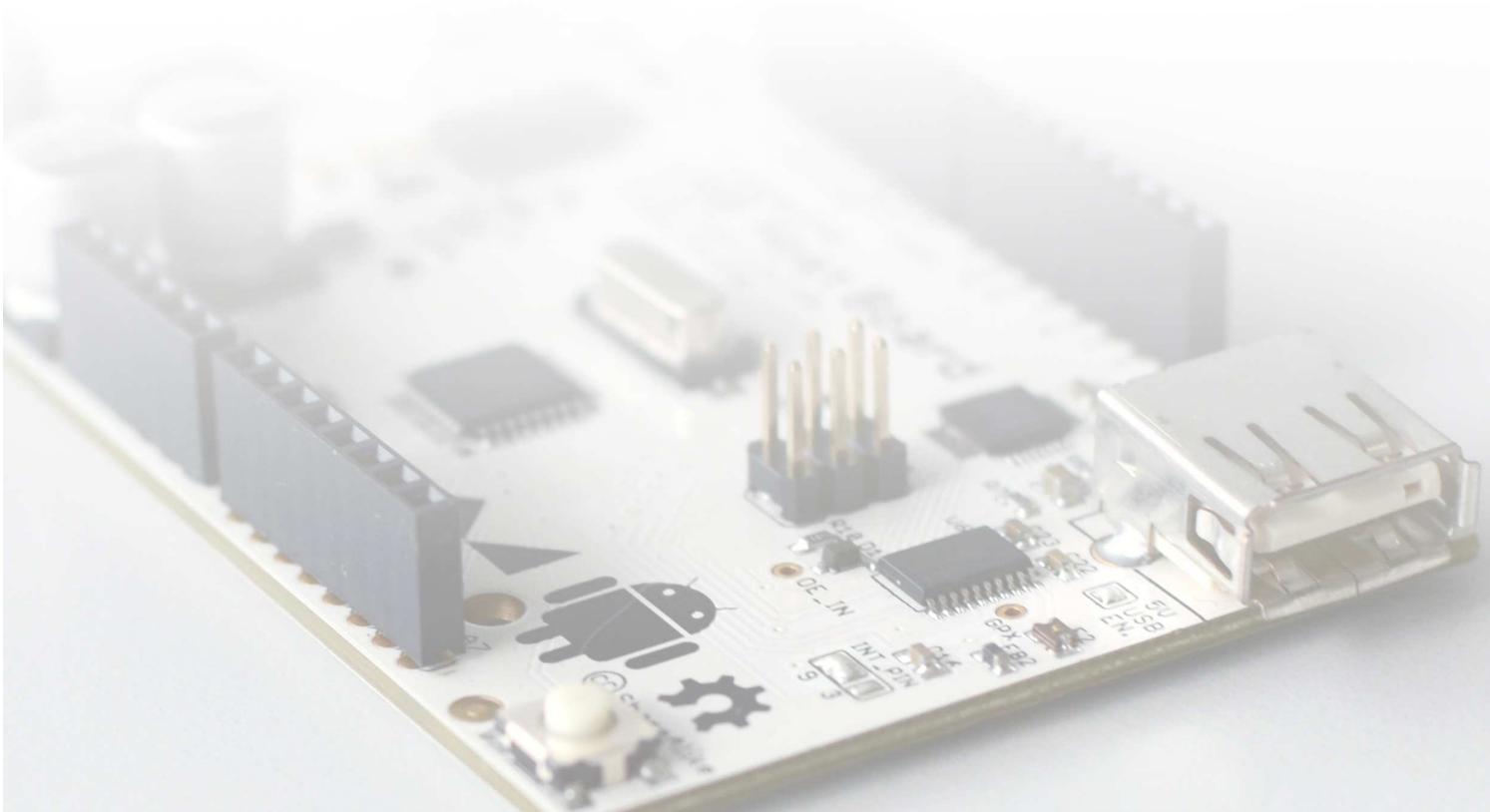
Embedded Interactive Systems Laboratory



Tobias Stockinger, Marion Koelle, Patrick Lindemann, and Matthias Kranz (Editors)

Prototyping for the Digital City

Advances in Embedded Interactive Systems
Technical Report – Winter 2013/2014



Prototyping for the Digital City

Tobias Stockinger, Marion Koelle, Patrick Lindemann, and Matthias Kranz

March 2014

Contents

Preface	4
Prototyping Methoden und Prozesse <i>Maximilian Bauer</i>	5
Prototyping of Haptic Interfaces <i>Severin Bernhart</i>	9
Ubiquitous Urban Interactions <i>Thomas Bock</i>	13
Prototyping Toolkits <i>Philip Neumeier</i>	18
Urban Context Awareness <i>Sebastian Scheffel</i>	23
Citizen Apps und Websites <i>David Scherrer</i>	28
Nachhaltigkeit durch Persuasive Technologie <i>Lukas Witzani</i>	32
Copyright Notes	37

Preface

The “Digital City” consists of a multitude of ubiquitous technologies inside and outside the “Smart Home”. Such technologies require special prototyping techniques to ensure unique user experiences, e.g. to allow for intuitive walk-up-and play interaction.

This technical report gives an overview of recent developments and results in the area of urban interaction design. The topics comprise a number of areas, such as various prototyping methods and toolkits as well as services that form the “Digital City”.

During the winter term 2013/2014, the Embedded Interactive Systems Laboratory at the University of Passau encouraged students to conduct research on the general topic of “Prototyping for the Digital City”. Each student analyzed a number of scientific publications and summarized the findings in a paper.

Thus, each chapter within this technical report depicts a survey of specific aspects of a topic in the area of urban interaction-driven prototyping. The students’ backgrounds lies in Computer Science, Interactive Technologies, Mobile and Embedded Systems, and Internet Computing. This mixture of disciplines results in a highly post-disciplinary set of viewpoints. Therefore, this technical report is aimed at providing insights into various aspects of current topics in Human-Computer Interaction.

Passau, March 2014

The Editors

Tobias Stockinger, Marion Koelle, Patrick Lindemann, and Matthias Kranz

Prototyping - Methoden und Prozesse

Maximilian Bauer
Universität Passau
bauer147@stud.uni-passau.de

ABSTRACT

Dieser Artikel beschäftigt sich zunächst mit der Definition von Prototypen und deren Nutzen. Danach wird auf deren Klassifizierung eingegangen, wobei hierfür die Unterscheidung anhand der Präzision (fidelity) gewählt wurde. Dabei werden die allgemeinen Stärken und Schwächen von Low-Fidelity und High-Fidelity im Kontext von dazu durchgeführten Studien behandelt. Auch wird speziell auf den Einfluss von Physicability auf Hardwareprototypen eingegangen. Zuletzt wird die erfolgreiche Integration von Prototypen im Prozess der Softwareentwicklung angeschnitten und ein kurzer Ausblick über die zukünftigen Herausforderungen von Prototypen geboten.

Keywords

Prototyping, low vs. high fidelity, user centered design, physcicality

1. DEFINITION UND NUTZEN

Der Begriff des Prototyps findet seinen Ursprung aus anderen, weitaus älteren Ingenieursdisziplinen, in welchen er in der Konzeptionsphase durchaus üblich ist - sei es die Flugzeugindustrie, wo Miniaturversionen oder Computersimulationen zum Testen und Repräsentieren von Einfällen gebraucht werden, oder auch die Architektur, bei der die Ingenieure ein oftmals maßstabsgerechtes Modell ihres zukünftigen Werkes anfertigen [2]. Auch die Softwareentwicklung als noch relativ junge Ingenieursdisziplin hat in den letzten Jahrzehnten zunehmend den Einsatz solcher Prototypen für sich entdeckt. Wo anfangs das finale Softwareprodukt das einzige war, das der Endkunde zu sehen bekam - und nicht selten verfehlte dies die anfänglich festgelegten Anforderungen bei weitem - setzt man zunehmend auf die frühe Einbindung des Endnutzers in den Entwicklungsprozess [1]. In der Softwaretechnik bezeichnet ein Prototyp eine konkrete, oft unvollständige Abbildung eines Systems, und auch wenn Software Engineering zur Verifizierung mithilfe von wissenschaftlichen Methoden eingesetzt wird, handelt es sich primär um einen Designprozess. Allein dieser Begriff lässt

richtig vermuten, dass ein Software-Prototyp weniger Erklärung oder spezifischer Kenntnisse bedarf, im Gegensatz zu abstrakten Beschreibungen oder Modellierungen. Aus der daraus resultierenden Einfachheit lässt sich ein direkter Nutzen für alle Beteiligten des Prozesses - vom Entwickler über den Projektleiter bis zum Endkunden - ableiten [2, 1].

Neben dieser Überschaubarkeit kann jedoch vor allem der wirtschaftliche Aspekt überzeugen: wenn sich Missverständnisse in frühen Entwicklungsstadien manifestieren und durch mangelnde Kommunikation oft erst zu spät entdeckt werden, wird deren Behebung oftmals umso teurer. Das Erstellen von Prototypen stellt daher eine kostengünstige Möglichkeit zur frühen Reduzierung von Fehlern dar [1]. Verschiedene Untersuchungen, die sich mit deren Nutzen beschäftigen, bestätigten dies: ein Großteil der Usability-Fehler - beispielsweise eine unklare Bedeutung von Beschriftungen oder Symbolen - wurden in einer Untersuchung, die sich mit verschiedenen Arten von Entwürfen beschäftigte, gefunden [6].

2. KLASIFIZIERUNG

Der Nutzen, das Ziel von Prototypen ist klar - jedoch gibt es verschiedene Wege, verschiedene Arten von Prototypen, die - abhängig von dem Fortschritt des Projekts oder der Intention - zum Ziel führen. Diese verschiedenen Arten lassen sich beispielsweise durch deren Repräsentation unterteilen, wobei die Form des Prototypen eine entscheidende Rolle spielt - an den beiden Enden stehen hier Off-line-Prototypen (Papier-Prototypen) und On-line-Prototypen (Software-Prototypen). Auch die Handlungsmöglichkeiten, die der Benutzer mit dem Prototypen zur Verfügung stehen, können zur Kategorisierung herangezogen werden - während beispielsweise eine Videoaufnahme als Prototyp den niedrigsten Grad der Interaktivität bietet, steht diesem ein vollständig interaktiver Entwurf entgegen. Einen weiteren Anhaltspunkt zur Unterscheidung von Prototypen ist die Evolution desselben, der erwarteter Lebenszyklus des Entwurfs - handelt es sich beispielsweise um einen Wegwerfprototypen, der vor allem beim sogenannten "Rapid Prototyping" Verwendung findet, einem sich weiterentwickelndem, iterativen Entwurf zur Evaluierung von Alternativen, oder gar einem evolutionären Prototypen, der zur Verwendung im späteren System konzipiert und im Hinblick darauf stetig weiterentwickelt wird [2].

Im Großteil der Literatur und Forschung zum Thema Prototyping scheint sich jedoch ein de-facto-Standard zur Klassifizierung von Prototypen herausgebildet zu haben - die Unterscheidung anhand der Präzision, im folgenden mit dem etablierten, englischen Originalbegriff "fidelity" bezeichnet.

- Maximilian Bauer is a student at the University of Passau.
- This research paper was written for the 'Advances in Embedded Interactive Systems (2014)' technical report. Passau, Germany

2.1 Low-Fidelity

Die Beschränkung von Funktion und Interaktion auf ein Minimum ist charakteristisch für Prototypen mit einer niedrigen Präzision, genannt "Low-Fidelity". Dessen Zweck der schnellen Abbildung von Konzepten und verfügbaren Alternativen steht hierbei klar im Vordergrund - genauso wie die Annahme, dass jene erstellten Prototypen direkt nicht im finalen Produkt weiterverwendet werden und keine Basis für Programmierer darstellen, was die Entwurfszeit nochmals verkürzt. Solche Low-Fidelity-Prototypen bestehen in der Regel aus einer Abfolge von verschiedenen statischen Elementen, die beispielsweise einzelne Menüs oder Fenster des zu konzipierenden Systems skizzenhaft darstellen. Diese Entwürfe werden dem Benutzer durch deren Urheber oder von Dritten, mit dem Umgang von solchen Prototypen erfahrenen, präsentiert, während die geplante Funktionsweise dabei erklärt wird [10]. Die Art der Umsetzung eines solchen Entwurfs - sei es eine traditionelle Papierskizze oder ein computergestützter Entwurf (beispielsweise mithilfe von PowerPoint) ist für die Qualität, sowie auch die Quantität des Feedbacks eher unerheblich - auch wenn die Benutzer in einer Untersuchung diesbezüglich eine klare zu den computergestützten zeigten [11].

Die Vorteile solcher Low-Fidelity-Prototypen liegt vor allem in frühen Stadien des Entwicklungsprozesses, in denen sich Designer noch nicht auf weniger optimale Konzepte festsetzen konnten, auf der Hand - Untersuchungen zeigten, dass die geäußerte Kritik generell viel konstruktiver aufgenommen wurde, da in jene Papier-Prototypen weitaus weniger - insbesondere darauf aufbauende - Arbeit geflossen ist: daher lässt sich solche Kritik in frühen Entwicklungsstadien auch ohne große Kosten umsetzen. Auch zeigte sich, dass die Benutzer aus ähnlichen Gründen auch mehr bereit waren, in diesem frühen Stadium mehr Feedback zu geben und dieses - unabhängig von ihren Kenntnissen in Softwaretechnik - auch zu visualisieren. Aus diesen Gründen kam auch jene Studie zu dem Schluss, dass hierbei die Nutzen die Kosten eindeutig überwogen [8].

Doch jene niedrige Genauigkeit, die angestrebte Einfachheit führt oftmals dazu, dass wichtige Design-Entscheidungen schlicht übersehen werden. Jene Unvollständigkeit steigert letztendlich die Schwierigkeit der Umsetzung, da beispielsweise Fehlermeldungen oder wenig benutzte Funktionen, die im Prototyp fehlen, oft allein nach den Vorstellungen des Programmierers entstehen - ohne ausreichende Erfahrung dessen kann dies eine weitere Fehlerquelle darstellen. Auch die fehlende Beschäftigung mit der Machbarkeit des Entwurfs während der Konzeptionsphase stellt sich bei der Umsetzung dessen später oftmals als ein Problem heraus, das zu Konflikten und erhöhtem Arbeitsaufwand führen kann [10].

2.2 High-Fidelity

Setzt man dagegen auf eine hohe Präzision - einen High-Fidelity Prototypen - wird die Kernfunktionalität des Benutzerinterfaces implementiert. Diese unterscheiden sich einerseits durch die Herstellung, bei der im Gegensatz zu Papier-Prototypen vor allem moderne Technologie wie UI-Designer oder Programmiersprachen, zum Beispiel Smalltalk oder Visual Basic, Verwendung finden. Im Austausch gegen die Schnelligkeit und Einfachheit wird hierbei ein besonderes Augenmerk auf eine realistische Darstellung des Benutzerinterfaces gelegt. Ein weiterer Unterschied zu Low-Fidelity Prototypen liegt in der Interaktivität: darin unterscheiden

sich Entwürfe mit hoher Präzision am wenigsten vom finalen Produkt, da sie eine nahezu vollständig funktionstüchtige Interaktion zwischen Benutzer und System (beziehungsweise Prototyp) ermöglichen. Der Umfang eines solchen Entwurfs, dessen Erstellung in seiner vollständigen Ausführung einiges an Zeit bedarf, kann je nach Verwendungszweck verschieden reduziert werden; dabei lässt sich zwischen vertikalen und horizontalen Prototypen unterscheiden. Wobei ersterer auf die vollständige Implementierung von wenigen Funktionen setzt, wird bei einem horizontalen Prototypen der Großteil der Funktionen implementiert, jedoch in einer weitaus oberflächlicheren Art und Weise [10].

Die Gründe, die für den Einsatz eines High-Fidelity Prototypen stehen, finden sich schon in der Definition: eben durch ihre hohe Präzision, ihren hohen Interaktions- und Funktionsgrad ist deren Bedienung dem finalen Produkt sehr Ähnlich. Daher bieten dieser - im Gegensatz zu Entwürfen mit niedriger Präzision - viel mehr Möglichkeiten, die Navigation und den Bedienfluss vor der eigentlichen Produktion effektiv zu testen und zu erleben [10]. Diese Ähnlichkeit hat allerdings noch einen anderen Vorteil - schon während der Implementierung des Produkts ist es möglich, mit der Erstellung eines Hilfesystems oder der Dokumentation zu beginnen, ohne dafür bis zur Vollendung des eigentlichen Produkts warten zu müssen. Ein weiterer, wirtschaftlicher Aspekt ist die Möglichkeit, dadurch dem Kunden während der Produktion bereits jenen Entwurf - der vom Laien vom finalen Produkt oft kaum zu unterscheiden ist - präsentieren zu können und somit die Vermarktung des Produkts schon vor seiner Vollendung entscheidend voranzutreiben. Durch eine sehr genaue Vorlage wird den Programmierern zudem die Implementierung noch um einiges erleichtert, da sie mit dem Prototypen über eine genaue und leicht verständliche (zusätzliche) Spezifikation verfügen [13].

Untersuchungen, die sich mit dem Vergleich von Low-Fidelity und High-Fidelity Prototypen beschäftigten, ergaben allerdings einen signifikanten Nachteil: Beim Vergleich zweier Prototypen eines Spiels, wobei einer in Papierform und der andere in Form eines Programms vorlag, stellte sich heraus, dass der Entwurf mit der höheren Präzision trotz erhöhtem Herstellungsaufwandes nicht signifikant mehr Fehler in der Usability aufdeckte wie der Prototyp, der in einer deutlich kürzeren Zeitspanne mit weitaus weniger Aufwand produziert wurde [5]. Dies hebt die mangelnde Wirtschaftlichkeit als ein zentrales Gegenargument gegen High-Fidelity Prototypen hervor. Aus diesem Grund ist es selbstverständlich auch nicht rentabel, eine hohe Präzision für den Vergleich vieler verschiedener Ansätze zu wählen. Ein weiteres Problem stellt der Kunde selbst dar - durch die Präsentation eines Prototypen, der sich vom finalen Softwareprodukt nur wenig unterscheidet, kommt es vor, dass dieser die frühere Herausgabe des Programms fordert, da er sich nicht über den Aufwand im Klaren ist, der nötig ist, aus diesem Prototypen ein funktionierendes, stabiles Softwaresystem zu erstellen [10].

3. PHYSICALITY

Vor allem mit der stetigen Verbesserung der Technik und dem daraus entstehenden Aufkommen von mobilen Entertainmentssystemen wie Musikplayer und Spielekonsolen ist die "Fidelity", die Präzision des Prototypen nicht mehr der einzige relevante Faktor - die Physicality, "[...] loosely understood as being the physical nature of something, for example, a form,

process or button”[4], ist es, die vor allem bei der Konzeption neuen Hardwaresystemen eine entscheidende Rolle spielt - und bei schlechter Hardwareumsetzung der limitierende Faktor sein kann, der jede noch so gute Softwareumsetzung ruinieren würde. Schon allein deshalb ist es essentiell, der Physicality bei der Konzeption solcher Systeme besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

Eine Studie zum Effekt von Physicality auf verschiedene Prototypen [3] stellte dazu vier unterschiedliche Entwürfe eines existieren Produkts her, die sich in Aufwand, Form und Funktion - generell jedoch im Grad ihrer aktiven und passiven Physicality unterschieden; dabei wurde jeweils dieselbe computergestütze Low-Fidelity Prototyp mit den verschiedenen Hardware-Entwürfen genutzt. Während die passive Physicality das Aussehen, die Positionen der Schalter und das Gewicht - generell das Gerät im ausgeschalteten Zustand behandelt, geht es bei der aktiven Physicality um die Reaktionen auf Benutzereingaben und den Bedienfluss, die sich aus der Interaktion des Benutzers mit den Buttons, Slidern und ähnlichem ergeben. Einen niedrige passive und aktive Physicality hatte in der Studie beispielsweise ein kostengünstiger, aus Schaumstoff angefertigter Prototyp - hier musste der Benutzer die gewünschte Aktion beschreiben, die dabei vom Operator am Bildschirm ausgelöst wurde. Der Grund für die niedrige passive Physicality fand sich in der Zusammensetzung: der Hardware-Prototyp bestand ausschließlich aus Schaumstoff und verfügte über keine benutzbaren Schalter. Ein weiterer Ansatz bestand aus einem Modell aus Kunststoff, der mit einem elektronischen Bausatz versehen war, der bei einer Betätigung einfacher Buttons das Signal weiterleitete und im Programm die gewünschte Aktion auslöste. Durch die gute Abbildung der Interaktionen und eine gute Annäherung an das finale Design verfügte der Prototyp über eine mittlere aktive, sowie passive Physicality. Auch die Kosten waren hierbei eher im Mittelfeld. Die teuersten Entwürfe waren einerseits ein Arduino-Modell, bei dem ein Kunststoff-Modell des Produkts außen mit allen verfügbaren Buttons, sowie einem für das Produkt speziellen Drehknopf versehen wurde, sowie einem Modell, das über einen integrierten Bildschirm, jedoch keine funktionierenden Knöpfe verfügte und über ein Tablet gesteuert werden musste. Dabei war das Verhältnis zwischen aktiver und passiver Physicality bei beiden Entwürfen sehr unausgeglichen, da jeder Entwurf sich speziell auf einen der beiden fokussierte und den anderen im Gegenzug völlig vernachlässigte. Man kam zu dem Schluss, dass sowohl aktive als auch passive Physicality in frühen Entwicklungsstadien wichtiges Feedback geben - die besten Ergebnisse wurden jedoch durch eine gleichmäßige Balance beider erzielt, wie im Beispiel der ersten beiden angeführten Entwürfe.

4. INTEGRATION IN ENTWICKLUNGSPROZESSE

Dass sich mit Prototypen automatisch gute Ergebnisse erzielen lassen und sie ein simples Erfolgsrezept für jedes beliebige Softwareprojekt darstellen, ist allerdings ein Trugschluss. Damit Prototypen sowohl erfolgreich als auch gewinnbringend im Softwareentwicklungsprozess eingesetzt werden können, sind drei Faktoren besonders wichtig: Geeignete Tools, die eine schnelle Konstruktion und Änderung ermöglichen, ein Wechsel der Denkweise durch ein Abweichen von einer Fixierung auf formelle, etablierte Entwicklungsmethoden und -muster zugunsten von experimentelleren Entwicklungsansätzen,

zen, und zuletzt - eine Vorgehensweise [7]. Doch auch bei den bisher vorgestellten Vorgehensweisen ist Einfallsreichtum und Kreativität in der kontextabhängigen Anpassung oder Erweiterung jener Methoden der Weg zum Ziel - ein Beispiel bietet der Ansatz der ”Mixed-Fidelity”Prototypen: Hierbei wird das Prototyping an sich viel mehr zu einem iterativen Prozess, bei dem die wichtigen Teile an Präzision gewinnen und die anderen Teile in ihrem ursprünglichen, skizzenhaften Zustand verbleiben können. In der Praxis könnte dies bedeuten, einen groben Entwurf eines Benutzerinterfaces mit einem oder mehreren funktionstüchtigen Programmteilen zu versehen [9]. Ein anderer Ansatz, ein Musterbeispiel für User-Centered-Design, findet sich in der sogenannten ”Blank Page Technique”: Hierbei war ein Prototyp einer Webseite gegeben, der bewusst nur teilweise implementiert wurde und beim Aufrufen eines nicht enthaltenen Links den Benutzern eine Fehlermeldung anzeigen - mit der Aufforderung an diesen, seine Erwartungen auf ein Blatt Papier zu skizzieren [12].

Dieser Ansatz macht jedoch auch eines klar: Prototyping an sich stellt auch gewisse Anforderungen an die Benutzer, genauso wie den ”Prototyper”. Dieser muss vor allem mit dem verwendeten Prototyping-Tool vertraut sein, jedoch sind genauso bestimmte Charaktereigenschaften von Vorteil - Geduld, diplomatisches Verhalten und Objektivität sind einige davon; besonders wichtig ist jedoch, dass die Testteilnehmer durch ihn nicht eingeschüchtert werden. Diese Teilnehmer können problemlos Mitarbeiter aus anderen Abteilungen sein. Ob sie dieser Aufgabe positiv oder negativ gegenüberstehen, ist für das Ergebnis in der Regel unerheblich - auch wenn letzteres risikobehaftet ist, kann es bestenfalls sogar zu einer positiven Veränderung des Betriebsklimas führen. Bei der Auswahl der Teilnehmer stellt sich jedoch eine weitere Frage - entscheidet man sich eher für eine Konstellation aus einem Benutzer und einem Entwickler, wird keine wirkliche Debatte zustande kommen; insbesondere ist dabei das Ergebnis von den Fähigkeiten weniger Personen abhängig. Desto mehr Teilnehmer allerdings ausgewählt werden, desto mehr praktische Probleme werden sich im Laufe des Prozesses ergeben - zudem ist eine Verlangsamung die Folge. Ein Kompromiss könnte erreicht werden, indem man einen ersten Prototyp mit einer einzelnen Person - dem typischen Benutzer - erstellt, und diesen Prototyp dann an einer größeren Gruppe an Personen testet. Auch hier stellt sich jedoch die Frage - wählt man dieselbe Gruppe von Personen für mehrere Untersuchungen, was eine geringere Einarbeitungszeit zur Folge hätte, oder entscheidet man sich für verschiedene Testgruppen, bei der man durch mehr Erfahrung, Ideen und Wissen ein reicheres Ergebnis erzielen könnte? Eins steht jedenfalls fest - der klassische Entwicklungsprozess, in dem sich der Benutzer und der Entwickler über die groben Anforderungen und Probleme austauschen und aus diesen dann ein Softwareprodukt entsteht, sind mit dem Einsatz von Prototypen vorbei: Prototyping hat einen signifikanten Einfluss auf den Entwicklungsprozess, in dem der Benutzer nicht mehr nur der Anfang ist - sondern ein fester Teil in dem iterativen Prozess, in dem alle Beteiligten ein gemeinsames Ziel verfolgen: Bessere Software [7].

5. AUSBLICK

Unabhängig von den vielen verschiedenen Arten von Prototypen und den Voraussetzungen zu ihrem Einsatz ist eines jedoch sicher - wie auch andere etablierte Ingenieursdiszipli-

nen sind Prototypen vor allem mit der steigenden Wichtigkeit von Benutzerfreundlichkeit, intuitiver Benutzeroberflächen und Einfachheit in der Softwaretechnik schon in der heutigen Zeit kaum mehr weg zu denken - es bleibt abzuwarten, wie sich jene Methoden zum Entwurf von Software mit derselben entwickeln. Während sich bei den heutigen Benutzeroberflächen mittlerweile gewisse Standards zum Entwurf und zur Validierung herausgebildet haben, werden sich Designer und Entwickler sehr bald mit neuen Herausforderungen konfrontiert sehen - mit dem neuen Trend der Augmented Reality geben Google Glasses, Oculus Rift und Microsoft Kinect den Weg vor: in die nächste, die dritte Dimension.

6. REFERENCES

- [1] S. Asur and S. Hufnagel. Taxonomy of rapid-prototyping methods and tools. In *Rapid System Prototyping, 1993. Shortening the Path from Specification to Prototype. Proceedings., Fourth International Workshop on*, pages 42–56, 1993.
- [2] M. Beaudouin-Lafon and W. Mackay. The human-computer interaction handbook. In J. A. Jacko and A. Sears, editors, *The human-computer interaction handbook*, chapter Prototyping Tools and Techniques, pages 1006–1031. L. Erlbaum Associates Inc., Hillsdale, NJ, USA, 2003.
- [3] J. Hare, S. Gill, G. Loudon, and A. Lewis. The effect of physicality on low fidelity interactive prototyping for design practice. In P. Kotzé, G. Marsden, G. Lindgaard, J. Wesson, and M. Winckler, editors, *Human-Computer Interaction – INTERACT 2013*, volume 8117 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 495–510. Springer Berlin Heidelberg, 2013.
- [4] J. Hare, S. Gill, G. Loudon, D. Ramduny-Ellis, and A. Dix. Physical fidelity: Exploring the importance of physicality on physical-digital conceptual prototyping. In T. Gross, J. Gulliksen, P. Kotzé, L. Oestreicher, P. Palanque, R. O. Prates, and M. Winckler, editors, *Human-Computer Interaction – INTERACT 2009*, volume 5726 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 217–230. Springer Berlin Heidelberg, 2009.
- [5] B. Kohler, J. Haladjian, B. Simeonova, and D. Ismailovic. Feedback in low vs. high fidelity visuals for game prototypes. In *Games and Software Engineering (GAS), 2012 2nd International Workshop on*, pages 42–47, 2012.
- [6] Y.-k. Lim, A. Pangam, S. Periyasami, and S. Aneja. Comparative analysis of high- and low-fidelity prototypes for more valid usability evaluations of mobile devices. In *Proceedings of the 4th Nordic Conference on Human-computer Interaction: Changing Roles*, NordiCHI 2006, pages 291–300, New York, NY, USA, 2006. ACM.
- [7] P. Mayhew. Software prototyping: Implications for the people involved in systems development. In B. Steinholtz, A. Sølvberg, and L. Bergman, editors, *Advanced Information Systems Engineering*, volume 436 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 290–305. Springer Berlin Heidelberg, 1990.
- [8] E. Olmsted-Hawala, J. Romano, and E. Murphy. The use of paper-prototyping in a low-fidelity usability study. In *Professional Communication Conference, 2009. IPCC 2009. IEEE International*, pages 1–11, 2009.
- [9] J. N. Petrie and K. A. Schneider. Mixed-fidelity prototyping of user interfaces. In G. Doherty and A. Blandford, editors, *Interactive Systems. Design, Specification, and Verification*, volume 4323 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 199–212. Springer Berlin Heidelberg, 2007.
- [10] J. Rudd, K. Stern, and S. Isensee. Low vs. high-fidelity prototyping debate. *interactions*, 3(1):76–85, Jan. 1996.
- [11] R. Sefelin, M. Tscheligi, and V. Giller. Paper prototyping - what is it good for?: A comparison of paper- and computer-based low-fidelity prototyping. In *CHI 2003 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA 2003, pages 778–779, New York, NY, USA, 2003. ACM.
- [12] B. Still and J. Morris. The blank-page technique: Reinvigorating paper prototyping in usability testing. *Professional Communication, IEEE Transactions on*, 53(2):144–157, 2010.
- [13] R. A. Virzi, J. L. Sokolov, and D. Karis. Usability problem identification using both low- and high-fidelity prototypes. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI 1996, pages 236–243, New York, NY, USA, 1996. ACM.

Prototyping of Haptic Interfaces

Severin Bernhart
Universität Passau
bernhai8@stud.uni-passau.de

ABSTRACT

Today people are moving away from using mouses or keyboards to interact with a machine, people utilize more and more haptic interfaces, which are more physical and tangible. This Paper presents the process how a haptic interface is developed and it shows a lot of different possibilities to produce a haptic interface. We differentiate some methods for prototyping, namely the Low Fidelity Prototyping like the Paper Prototyping and the Rapid Prototyping, especially the 3D-Print. Also the paper will explain how the haptic interfaces get as user-friendly as possible and show the different types of feedback possibilities. At the end you will see what type of prototyping is the most qualified method of prototyping for each kind of input devices.

Keywords

Low Fidelity Prototyping, Paper Prototyping, Rapid Prototyping, 3D Print, Tangible User Interfaces (TUI), Haptic Feedback

1. INTRODUCTION

"Current input technologies for wearable computers are difficult to use and learn and can be unreliable. Physical interfaces offer an alternative to traditional input methods"[11]. **Haptic Interfaces** make it possible for humans to be in interaction with a machine only through touching. The user give commands to the machine and it react with giving feedback to the user, so haptic interfaces are necessary to communicate and exchange informations between humans and machines [3]. It is much more easier for humans to perform digital tasks, if they get a force feedback or a haptic feedback[2]. So a machine transmit a digital environment to a surrounding almost like in reality. Haptic Interfaces are diffused in all situations of life. It doesn't matter what kind of games console you use, the controller is a haptic interface, because every controller gives you feedback through vibration for example or at playing flying simulator you have a joystick with force feedback like you are sitting in

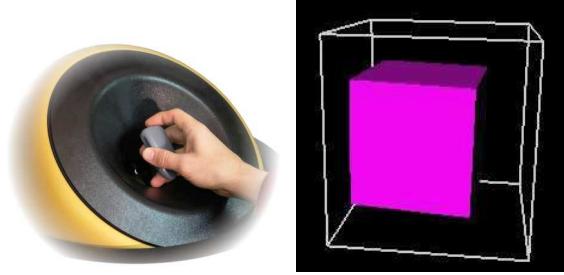


Figure 1: "Box in Box"-Experiment

a real plane. But haptic interfaces act a much more important part at the evolution of new technical systems. There are a lot of experiments with new deployments. For example the "Box in Box" experiment, see figure 1: You can simulate moving a magnetic cube in a magnetic field with a joystick, if you move the cube right up to the edges from the bigger cube you get a force feedback, which simulates that the cubes batter each other and it feels like the cube is manipulated.

2. METHODS FOR PROTOTYPING

Prototyping is a very effective method for software engineering. You get the first solutions very fast and you get feedback in every step of developing, because you invite testing people, who give improvements and show mistakes at the prototyp. So problems or modifications can be removed earlier and the costs are less expensive than if you have to correct the mistakes at the end of the developing process. "Getting the right design, and then getting the design right." [1], so Buxton called this. Now there are shown some different methods of prototyping, namely the Paper Prototyping, which is a kind of Low Fidelity Prototyping and the Rapid Prototyping, particularly the 3D-Print.

2.1 Low Fidelity Prototyping - Paper Prototyping

The **Low Fidelity(Lo-Fi) Prototyping** is characteristic for a few effort and low costs[8]. The production of low fidelity prototypes is cheap, because the materials you have to use are only paper or other low fidelity materials like plastic, so you get "a wide variety of designs, and then choosing the most promising"[12] model. Additionally the developers of the prototype is a team of non-specialists, because they don't have to know much about this subject mat-

- Severin Bernhart is a student at the University of Passau.
- This research paper was written for the 'Advances in Embedded Interactive Systems (2014)' technical report. Passau, Germany



Figure 2: App Paper Prototyping

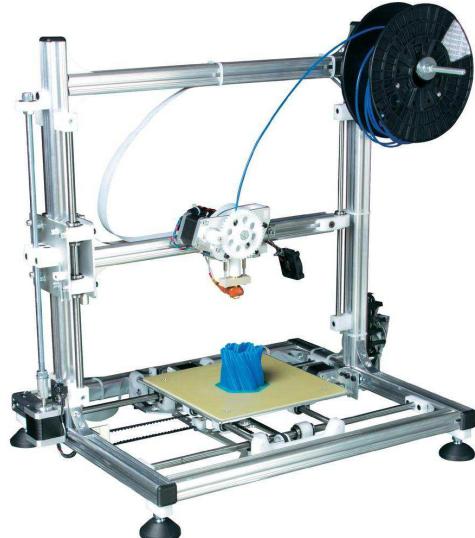


Figure 3: 3D-Printer

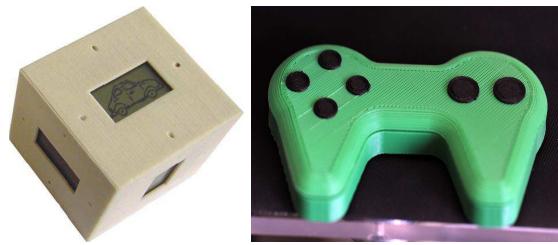


Figure 4: 3D-Printed Haptic Interfaces

ter. Drawing layouts or tinkering some little models doesn't require much knowledge and so the designs don't confront the user with explicit details to early. One sort of Lo-Fi-Prototyping is the **Paper Prototyping**, see figure 2, which is often used for making websites or apps for smartphones or tablets. "You first decide on the tasks that you'd like the user to accomplish. Next, you make screen shots and/or hand-sketched drafts of the windows, menus, dialog boxes, pages, popup messages, etc. that are needed to perform those tasks"[9]. So you can follow every little step, when you click each button on the touchscreen for example. Then people have to test it, give thier feedback, therewith the app get easier for the user to employ. This type of Paper Prototyping is only used for developing software but you can avail Lo-Fi-Prototyping for creating hardware, too. The process is similar to the procedure described ahead. The difference is, that you change from 2D-Prototyping, like drawing sketchis for screen shots, to the 3D-Prototyping, where you tinker three demensional sketchis made of paper and other low cost materials for designing prototyps for haptic interfaces, which are also called Tangible User Interfaces (TUI). TUIs are made for interacting with the "digital information by grasping or manipulating physical things..." and working "...with the new generation of capacitive surfaces"[12]. For starting to create a TUI you make a variety of templates with various 3D shapes, therewith you can choose the best form for the interface. Then you set printed marks on the template to visualize where later the conductive ink lines should be at the prototype. Now the prototype get formed in its shape and the conductive ink lines get sketched on it. The conductive inks must be above the minimum detectible distance, that they are safely perceptible. Because of our own knwoledge of capacitive devices, the contacts on the bottom must have the little size 5x5mm and the small distance of 5mm. These are the optimized conditions for detecting fingers on a surface of the latest devices[12]. Then the prototyps with different shapes are tested and the best type of them will be chosen and advanced. So you see, paper

prototyping is used to design interfaces in 3D, too and you don't have to engage computer specialists to create an paper prototype for a haptic interface. "The only skills required are cutting, folding, gluing and tracing lines"[12].

2.2 Rapid Prototyping - 3D-Print

For **Rapid Prototyping** you have to differentiate two different sorts. At the software engineering sector rapid prototyping means to develop software for machines very fast and with low effort, but at the manufacturing technology it means to produce substantial prototyps in layers so you can use it to engine hardware and haptic interfaces[5]. The most important method for rapid prototyping is the **3D-Print**, see figure 3. The **3D-Print** prepares prototyps made of plastic, so it is also a very fast and very cheep process. The material plastic takes low costs and you need less personal, because the **3D-Printer** produce the prototyps itsself and doesn't need a supervision. As well you can be very creative, since it is exactly in manufacturing and you are almost free in creating the shape of the interface. Therefore the **3D-Print** is very suitable to produce haptic interfaces. The fabrication of a 3D-printed object starts with a "digital geometric model that is converted into a series of slices to be physically fabricated layer-by-layer"[13]. It is a photopolymer-based process, where a liquid photopolymer material gets exposed to an ultra-violet light source, after that the material gets into



Figure 5: Hand with thier receptors

a solid state. Then a precise laser makes the exact edges of the object and gives the perfect form to it. The importance of 3D-Print expands more and more, therefore there are more different materials applicable, like "optical-quality transparent plastic, deformable 'rubber', and biocompatible polymers"[13]. Modern 3D-Printers are able to combine more materials in one interface, an example for this is the cube in figure 4. It is made of epoxy resin with 80 mm edge length and has the electronic inside, which is a central processing and a wireless communication based on a particle computer. A communication board integrates a microcontroller, transceiver, real-time clock, flash memory and two LEDs. The cube reacts with two two-axes accelerometers, that realize rotating, shaking and compound movements. The cube has six displays, only black and white, for the visual output. According as you rotate the cube, it shows you another picture at the display, which is on the top[4]. So you see, it is very easy to create a tangible user interface like this cube with the 3D-Print and it will develop to the leading role in producing of haptic interfaces in the future.

3. FEEDBACK POSSIBILITIES

Interfaces have three possibilities to give feedback to the user: Visual, auditive, haptic. Visual feedback can be just a gleaming or blinking light or a whole display on the interface, which shows you a text or pictures, that give you answers to your instructions. The cube you saw in figure 4, where you can see pictures on the little displays is an example for the visual feedback. Auditive feedback is another feedback possibility. A special kind of it is the speech output. This is very useful for interfaces in the car, like it is existing in navigation software for example, so that the driver isn't diverted by reading texts on the display. Also auditive feedback is, when the user gets responses in kind of peeping or characteristic melodies through loudspeakers, which are in the systems integrated, therewith a human knows, that a certain action has happened. A good example for both feedback methods is a wii-controller. According to which light

Table 1: Low-Fidelity-Prototyping (Paper Prototyping)[9]

Pros	Cons
Low costs, low effort, rapid	Many rude designs
No specialists necessary	No functionality of prototypes
No programming effort	Limited error detecting
Testing in conception phase	Prototypes only for LO-FI usable
Easy to change and improve	Not all ideas are realizable
Over-average improvement	Interaction process in conception phase concrete

Table 2: Rapid Prototyping (3D-Print)[7]

Pros	Cons
Low costs, low effort, rapid	Aliasing on surface
No process observation necessary	Limited precision
Providing a real-like application	Limited on certain materials
Low effort for improvements	3D CAD essential
Large flexibility for designing	Knowledge essential
Prototype with complete functionality	

is gleaming the user knows if he is player 1, 2, 3 or 4. Also the controller has also a loudspeaker integrated, that makes sounds, if a special event is happening in the video game. So haptic interfaces can give visual and auditive feedback, too, but the haptic feedback is much more fascinating. The human skin has a lot of receptors in the skin and in the fingers the receptors are very focused, see figure 5. There are the receptors for the tangible feedback, which are the thermoreceptors, that recognize warming and cooling, the nociceptors which can realize pain and the most important receptors for using haptic interfaces are the mechanoreceptors, because they detect pressure[6]. They are necessary to perceive vibration and the force feedback, where the haptic interface practice pressure to the user and it simulate the digital environment to the human. An example for this is a steering wheel for simulating a race in a video game. The steering wheel rumbels by driving apart of the road and the user always realizes a resistance by leading the car. A haptic interface often combine the three different feedback possibilities, because then the user can better imagine the facts and he is better involved in the virtual environment.

4. RESULT - COMPARISON OF THE DIFFERENT METHODS OF PROTOTYPING

Now the two Methods Low Fidelity Prototyping (Paper Prototyping) and Rapid Prototyping (3D-Print) are compared about thier Pros and Cons in two tables 1 and 2:

When you compare both tables, then you get the result that both prototyping methods are good for fast prototyping and they are very cheep to transform, because there are low costs and low effort for the production. The Lo-Fi-Prototyping has a little advantage at the expenses, because the materials for the production are only paper or other minimal materials and there are no specialists necessary based on that there is nothing to program during the prototyping process. As opposed to 3D-Print, there you need a 3D CAD software and staff with little programming experiences and knowledge about the 3D-Printer and the rel-

evant software. The both prototyping techniques are suitable for doing changes or improvements during the whole progress, because people test the prototypes after every developing step. Even paper prototyping has over-average improvements proposals. One disadvantage for the 3D-Print is that the precision is limited. The 3D-Print objects are not as exactly as the Lo-Fi-Prototypes, because the 3D-Print is susceptible for aliasing at the objects' surfaces, whereas the Lo-Fi objects can be very accurate, but in consequences of the production of so many prototypes, they often get more rude. An advantage for the 3D-Print is that the fabrication process is possible without an observation, so you can produce a lot of prototypes and try many different variants, therefore there is a high flexibility in testing different designs of the prototypes. The most important convenience for the 3D-Print is, that you are able to produce prototypes with a complete functionality. As opposed to this the paper prototypes have no functionality, the interfaces and buttons are only indicated. Therefore the error detecting is limited, because you can't test the if all functions and features work. Indeed you finally notice that your ideas, which you want to implement are not practicable and this is going to be very expensive if you recognize it at the end of producing. At the 3D-Print the prototypes are all real-like application with working functions. Summarizing you see the paper prototyping is a bit cheaper than the rapid prototyping, but the testing is more easier at the rapid prototyping and so the risk that functions don't work is not as big as at the paper prototyping and this is the most important issue. Finally we note that the rapid prototyping, especially the 3D-Print, is the most effective method for prototyping of tangible user interfaces and first of all for prototyping of haptic interfaces.

5. CONCLUSION

This paper defined haptic interfaces and its different types of prototyping. Also the feedback possibilities were shown. Haptic interfaces get more important at current time, but it has been underestimated a long time so far. Big discussions are at the automotive fabrication. Today there is at most one haptic interface in a car, that could be the touchscreen in the middle of the dashboard. A car is regarded as "full of not elaborate haptic"[10], because how do you manage it to blare, when you have to lead and brake at the same time? Mercedes trucks try steering with a joystick or in future a rumbling car seat protects you against falling asleep behind the steering wheel. These examples show that haptic interfaces are right in the middle of there discovering process. The developing process will remain exciting and there will be a lot of new ideas and inventions in the next years.

6. REFERENCES

- [1] B. Buxton. *Sketching User Experiences: Getting the Design Right and the Right Design: Getting the Design Right and the Right Design*. Morgan Kaufmann, 2010.
- [2] R. Ellis, O. Ismaeil, and M. Lipsett. Design and evaluation of a high-performance haptic interface. *Robotica*, 14(3):321–328, 1996.
- [3] V. Hayward, O. R. Astley, M. Cruz-Hernandez, D. Grant, and G. Robles-De-La-Torre. Haptic interfaces and devices. *Sensor Review*, 24(1):16–29, 2004.
- [4] M. Kranz, D. Schmidt, P. Holleis, and A. Schmidt. A display cube as a tangible user interface. In *UbiComp 2005, the Seventh International Conference on Ubiquitous Computing*, 2005.
- [5] M. Macht. *Ein Vorgehensmodell für den Einsatz von Rapid Prototyping*. Utz, Wiss., 1999.
- [6] A. Maelicke and H. M. Emrich. *Vom Reiz der Sinne*. VCH Weinheim, 1990.
- [7] M. Romero, P. Perego, G. Andreoni, and F. Costa. New strategies for technology products development in health care. *New Trends in Technologies: Control, Management, Computational Intelligence and Network Systems, Seijo*, 2010.
- [8] R. Sefelin, M. Tscheligi, and V. Giller. Paper prototyping - what is it good for?: A comparison of paper- and computer-based low-fidelity prototyping. In *CHI '03 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '03, pages 778–779, New York, NY, USA, 2003. ACM.
- [9] C. Snyder. *Paper prototyping: The fast and easy way to design and refine user interfaces*. Morgan Kaufmann, 2003.
- [10] B. Strassmann. Fühlen sie mal: Psychologen, mediziner und autohersteller entdecken einen neuen wahrnehmungskanal: Den tatsinn. und schon gibt es die ersten labors firs haptik-design. *Die Zeit*, 2003.
- [11] K. Van Laerhoven, N. Villar, A. Schmidt, G. Kortuem, and H. Gellersen. Using an autonomous cube for basic navigation and input. In *Proceedings of the 5th International Conference on Multimodal Interfaces*, ICMI '03, pages 203–210, New York, NY, USA, 2003. ACM.
- [12] A. Wiethoff, H. Schneider, M. Rohs, A. Butz, and S. Greenberg. Sketch-a-tui: Low cost prototyping of tangible interactions using cardboard and conductive ink. In *Proceedings of the Sixth International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction*, TEI '12, pages 309–312, New York, NY, USA, 2012. ACM.
- [13] K. Willis, E. Brockmeyer, S. Hudson, and I. Poupyrev. Printed optics: 3d printing of embedded optical elements for interactive devices. In *Proceedings of the 25th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pages 589–598. ACM, 2012.

Ubiquitous Interactions in Urban Spaces

Thomas Bock
Universität Passau
bockthom@fim.uni-passau.de

ABSTRACT

This paper gives a brief overview on how people can interact with public devices in urban spaces and summarizes the state of the art of research in urban interactions. First, there is a short comparison of different types of public displays. Afterwards, the content, size, privacy and location of public displays are characterized. Subsequently, a brief introduction on different interaction techniques is given. The user experience of interacting with public displays is described. Most public displays are large because they are meant to attract passersby to interact and make it possible for many individuals or groups to interact together on the same screen simultaneously. The most important use cases are infotainment services, sending and editing photos and playing games. Social acceptability, learnability and satisfaction are main factors for designing interactive public displays. Finally, a short overview is provided on how prototypical applications on public displays and the ubiquitous digital city will develop in the future.

Keywords

Ubiquitous computing, pervasive computing, digital city, social interaction, public displays.

1. INTRODUCTION

Nowadays, many persons use the Internet on their mobile phones, so that they can use the Internet everywhere they are at any time. In general, the Internet has changed people's lives during the last few decades. However, in the age of Internet and social web, cities attempt to stay attractive for their inhabitants and tourists. If there are events taking place, the organizers try using new technologies to attract people. Nowadays, people do not walk through a market place only to buy something. Maybe they want to be entertained by interacting on public displays. One thing organizers of events can do is installing public displays which humans can interact with. Not only can these displays be situated during events, they can also be installed in parks or

shopping malls or somewhere else in the city throughout the year, so that they can enrich people's lives in urban spaces. It is possible to combine interacting on public displays with using smart phones since many persons use smart mobile phones for writing emails or playing games. As the screens of mobile phones are really small, people could perform these tasks on large public displays as well.

There are different techniques how to use public displays and how to interact with them, which are described in this paper. In the following, a brief overview of different kinds of public displays is given.

2. DIFFERENT KINDS OF PUBLIC DISPLAYS

Looking back into the history of public displays, the first public display was an installation for showing news on the façade of a building in New York in 1928 [9]. Since then, different types of public displays have been developed.

Non-interactive displays.

Most of the public displays are non-interactive animated displays, like the first public display mentioned above. These displays are mostly used for advertising [9]. It is not possible for passersby to interact with them or manipulate their content. People passing such displays are attracted to watch videos or pictures in order to keep the things in mind that are promoted in those pictures and videos. Besides these advertising displays, there are public displays situated at train stations or at airports on which television can be watched, too. For example, the BBC has installed big screens in urban locations in the United Kingdom in order to broadcast sport events during the 2012 Olympics in London [9].

Interactive displays.

By contrast, interactive public displays are displays which passersby can interact with, by using their hands or mobile devices for instance. A selection of different interaction techniques are described in Section 4. The content of such displays can consist of infotainment services, photos, games and other things that are introduced below [11]. Just as non-interactive public displays, interactive displays can also contain advertising [1, 7].

Media façades.

Another kind of public display is a so called media façade. As it is defined by Häusler, a media façade is “a façade into which dynamic communication elements are embedded” [6].

- Thomas Bock is a student at the University of Passau.
- This research paper was written for the ‘Advances in Embedded Interactive Systems (2014)’ technical report. Passau, Germany

Projectors or screens can be used to put light on a façade. Due to the size of façades, people have to keep a big distance to them in order to see the whole façade. Because of this, it is “normally impossible” to interact with media façades directly by touching them [3]. However, interaction by using mobile devices in a certain distance is possible, as Boring et al. explained [3]. They used mobile phones with live video to change the color of particular parts of a media façade in Linz, Austria.

3. CHARACTERISTICS OF PUBLIC DISPLAYS

The main characteristics of public displays such as their content, their sizes or where they can be located are discussed in the following.

Content of public displays.

An important question related to public displays is: When do people look at public displays? As Huang et al. have observed in their study, videos attract people to look at the displays much more as reading (animated) text, even if there are only few sentences. One reason is, that if passersby see an interesting video, they stop walking for a few seconds to watch the clip. If they have to read the content on the screen, they are not attracted to look at the display any more and walk off [8]. Furthermore, Huang et al. found that it seems to be important that the displays are at eye-level in order to be noticed by passersby.

Large public displays.

The size of a public display plays a major part for being noticed by passersby as well. Even if Huang et al. observed in their field study that people more often look at small displays than at large displays because smaller ones are more private and looking at them feels less exposed [8], most of the interactive public displays are rather large. One reason for developing large public displays is that they will be seen earlier if passersby pass them. Another reason is parallel interaction: if a group of persons or individuals want to interact simultaneously on the same display, the display has to be big enough.

For example, the CityWall installation in Helsinki, Finland consists of 2.5 meters wide screens as it is explained by Peltonen et al. [12], in order to make it possible for several users to interact with the display at the same time. Peltonen et al. observed in their research that seven persons tried to use a public display simultaneously as individuals by touching it. In addition, more than ten users gathered in front of the display to watch the interactions of the other users. During eight days, there were 512 interaction sessions with 1199 interactors and 202 persons viewing other people’s interactions [12], so many of the interacting persons in this study used the screen simultaneously.

To support simultaneous interactions by many people, a media façade can be used for interaction as well, but media façades often cannot be used during daylight since they are not visible in bright light [5].

Privacy concerns while using public displays.

Inputting personal information on public displays raises privacy concerns of the users. If someone posts messages on public displays, he or she does not know who really reads



Figure 1: UBI-hotspot at downtown Oulu [11].

the message. As Alt et al. have elucidated, there are three kinds of content viewers: 1. *Unknown group*: These users may not understand the message, but they do perceive it. 2. *Known group*: These persons know the sender of the message and understand the content. 3. *Individual*: There is only one recipient for the message [10]. Though a message is directed to the third group (an individual person), everyone passing the public screen can see the posted information. In the study of Holleis et al. with 6 participants, none of the subjects wanted to present private, intimate content on public displays because passersby can notice the poster’s activities [7]. Also Alt et al. noted in their controlled lab study with 20 subjects (average age of 26.8 years) that very few of them did not want to exchange sensitive private data with a public display [2]. In this study the participants had to post digital classifieds on public displays. Therefore they had to type their phone number or their email address on a public display, but some of them were afraid of so called shoulder surfers. As a consequence, individual interactors wanted to post private content by using their mobile phone for example, where the email address or the phone number is not relayed to the public display.

Location of public displays.

The content of public displays can usually be seen by everybody standing in front of the display. It is possible to situate public displays indoors, e.g., in tourist information centres or swimming halls, or outdoors in shopping malls, parks or main roads [11] as shown in Figure 1. Public displays are often situated at places where many people are on the road, as it can be seen in the study on the CityWall installation of Peltonen et al. [12] or the so called UBI-hotspot of Ojala et al. [11], in order to attract many passersby to start interacting with the public display.

There are three different categories of displays mentioned by Peltonen et al.: 1. *Tabletop displays*: People can stand or sit beside them to use the screen. These displays enable collaborative interaction since many persons can stand around the “table” containing the display, so the display is accessible from many sides. 2. *Ambient displays*: Those displays are situated in a space where they attract people that are on the move. 3. *Large wall displays*: That are displays that are used in public settings like the CityWall installation, where public displays are situated on buildings’ walls [12].

As a conclusion, public displays are mostly located at places where everybody who passes the screens can interact with them [12].

4. INTERACTION IN URBAN SPACES

There are many different methods of how one can interact with a public display. A selection of them is introduced in the following.

Gestures and touches.

One interaction method is using gestures and touching displays like it is mentioned in the CityWall research by Peltonen et al. [12]. On the CityWall, which is a public display to organize images that can be downloaded from Flickr, people can resize or move pictures using one- or two-handed gestures. This kind of interaction allows every passerby to interact with the display because he or she does not need a special device. Passersby only need to use their hands, so interaction takes place via “direct manipulation” [12].

Mobile phone interaction.

Another interaction technique is using a mobile phone. Users can send messages in order to make them public, for example they can install an Android app in order to send digital classifieds to several displays as explained by Alt et al. [2]. Thus, one can manipulate the content of a public display through mobile phones. To upload photos to Flickr with a certain tag like “Oulu” which can be edited on a public display then, how it is mentioned by Ojala et al., mobile phones can also be used [11].

Flashlight interaction.

So called ‘flashlight interaction’ is a light-based approach of interactions. By using the flashlight of a mobile phone camera, passersby can control a mouse pointer on a public situated display. The only thing they have to do is to move the mobile phone in front of the display where a installed camera gets the flashlight. Instead of a mobile phone camera, a laser pointer or real flashlight can be used to manipulate the display’s content as well [13].

Camera based interaction.

Besides conscious interactions explained above, it is also possible that passersby interact with a public display and even do not notice this. For instance, the UBI-hotspot 1.0 uses overhead cameras capable of face recognition [11]. After detecting the face of a passerby, the content of the public display changes automatically without direct interaction. Maybe another application or other images are shown then. By changing the content of the display, passersby should be attracted to interact by touching. Face detecting by a camera is an interaction method since the passersby first have to walk within the area which is supervised by the overhead camera.

Unconventional interaction.

The interactions mentioned are conventional and could be used in urban spaces in general. However, there are some unconventional kinds of interaction, too. One example is a tangible user interface (TUI), that is, physical objects were used for interacting. As Ventä-Olkkinen et al. have proposed, people can pull on ropes coming out from a display,

which contains a world map, at a market square. Pulling on these ropes belonging to other cities, people can interact with people all over the world which have such installations in their cities, too. In the city, which the rope that was pulled on the map belongs to, the rope belonging to the city where the interactor stands is drawn back into the map [14]. This kind of *haptic interaction* should attract passersby to physically “do” something on the installation situated in an urban space.

Another unconventional kind of urban interaction is the so called SMSlingshot explained by Fischer and Hornecker: The device a user needs for interaction is a special slingshot which contains an input field and keys for writing a message. If the rubber band of this special slingshot is pulled, a laser beam is shot to a media façade aimed by the slingshot. If the user lets go of the rubber band, the virtual message he or she typed in is sent to the façade and can be seen by everyone watching [4].

After this short overview on how to interact with public displays or façades, the user experience of urban interactions will be discussed in the following.

5. USER EXPERIENCE

Exploring the user experience (UX) belonging to urban interactions contains probing how people cope with interaction techniques and how they accept them.

5.1 Social Acceptability

The social acceptability of public displays is rather small because many passersby are not used to interacting with public screens – they even notice the message on a screen, but usually do not know that they can interact with the display [11]. Ojala et al. found out that about two thirds of 125 persons would interact with the screens in the future. However, 927 questionnaires were submitted, but most of them did not answer the question [11]. If someone has even noticed that he or she can interact with the public display, other passersby observe the interactor and after that they try to interact with the display as well [12]. Teamwork is an important element of social acceptability of urban interaction. About 72% of the CityWall users in Helsinki, Finland used the touch screens together with other people. Seeing other people interact with the displays attracted more users to interact [12]. In this case, public situated displays encourage social life in urban context, since passersby would interact with the same display together with strange people. As a consequence, researchers suggest that parallel use is relevant for social acceptance [12].

The displays were mostly frequented in the evening or on the weekends when many people go shopping, that is, they are used by ‘freetime users’ [12].

5.2 Learnability

Children and young people are often familiar with using new technology like touch screens because they often use smart phones with touch screens in everyday life. Since they are familiar with such interaction techniques, they easily can adopt their knowledge to apply it on public displays [1]. For elderly people it may be not as easy: They often do not know how to use touch screens or new interacting technologies. Even if they know how to interact, they might be afraid of doing something wrong [1]. In general it is easy to learn

using touch screens through observation of others. People can watch other people interacting with the display and then they can copy the gestures they have seen before [12].

5.3 Use cases

There are many different use cases of public interactive displays. Some of the most commonly used applications are presented below.

Infotainment services.

As the statistics of UBI-hotspot 1.0 in Oulu, Finland show, most of the display users wanted to display city maps or read information about the weather. Furthermore, many people were interested in reading up-to-date news of the local newspaper of Oulu on the display [11].

Sending and adapting photos.

Another big part of the hotspot users wanted to upload photos and send them to the public screens [11] in order to show their images to others. Most of the users only tried to play with the interface while rotating their pictures [12]. Downloading photos and moving them is a major element of using large multi-touch displays. Sending a picture to the screen (uploading) seems to be easy, too, as it is mentioned by using a specified key for uploading them to Flickr, for example [12]. In many installations it is also possible to use mobile phones or email to upload photos or send them to someone else, e.g., as a postcard [11].

Fun and games.

Besides useful information and working on photos, public displays offer the opportunity to do funny things. Primarily children enjoy playing public interactive games. A fifth up to a quarter of the usage of the public screens is playing interactive games like Hangman [11]. Not only children are playing those games, there are many adults who also take part. “Fun and Games” was the most popular service category on using the UBI-hotspots in Oulu, Finland with 31% share of the clicks [11].

Public displays are not only used for gaming, lots of media façades are installed in order to allow many people to take part in a game at the same time. Watching others playing games without self being interactive is also an important aspect [4]. Thus, playing games on public displays or media façades can become a social event.

Finally, there are much more use cases for public displays, like watching videos or to obtain help in different ways.

5.4 Satisfaction

Most of the users who interacted with a public display are content with the use cases of the screens. This was the outcome of 81 interviews where people could address their most important issues of the UBI-hotspot in Oulu, Finland [11]. Many passersby enjoyed interacting and had new ideas for the displays, e.g., new games. Most people interested in interacting would like to have some more applications on the public displays distributed all over the whole city. For instance, some users wished to have an address-search feature [11]. One problem which was mentioned by a few interviewees was that the content of the displays may not be seen when the sunlight falls on the screens [11]. To solve the problems and develop new features, the research in exploring the digital city has to go on.

6. PROTOTYPING PUBLIC DISPLAYS

In order to develop public interaction frameworks, which can be used for installing public displays or media façades in cities all over the world, prototypes are required prior to research UX design and selecting the correct hardware and software.

There are different methods how to implement prototypes. One of these methods is paper prototyping. It is used by developing public displays in controlled lab settings, like it is proposed by Holleis et al. [7]. Ventä-Olkonen et al. used a paper prototype, exactly it was a cardboard prototype, to explore their tangible user interface on a market square [14].

Novel applications for public displays can be implemented, deployed and evaluated in a real-world setting, too. For example, a few applications were explored on the public displays in Oulu, Finland. There, the Open Ubiquitous City Challenge (UBI Challenge) took place multiple times [9, 11, 1]. Services can be provided to the citizens and prototypes of applications could be assessed by the citizens of Oulu.

Since media façades are often not active during daylight, the time for testing applications on real façades during developing is restricted [5]. In order to prototype media façades and their applications, Gehring et al. developed a media façade toolkit in Java. Their toolkit is flexible and generalized, that is, interactive applications are running on media façades with different form factors, different sizes and different capabilities [5].

7. CONCLUSION & INTERPRETATION

Making cities ‘digital’ contains discussing public displays. On the one hand, there are displays that do not require interaction, for example public screens which show commercials. On the other hand, there are public displays that demand interactions on it. These displays are mostly rather large in order to attract passersby to interact with them. There are many different interaction techniques which were mentioned above, like touching screens, using mobile phones, being recognized by cameras or unconventional methods. As shown in the literature, it is quite easy to learn interaction techniques by observing other persons interacting with a screen. The use cases of interaction in urban spaces are infotainment services, sending and manipulating photos, up to fun facts and games. Many persons that are involved in interacting are children or young adults. If they know how to interact, the social acceptability is quite big. One issue associated with public displays are privacy concerns, because everyone who stands in front of such a display can see what other people perform at the display. Furthermore, many public displays are located outside where a lot of people are on the road in order to motivate them interacting with the display.

Considering the research discussed above, one can conclude that public interaction in urban spaces plays major role in the development of digital cities. The services provided by interactive public displays can enrich people’s lives – either by entertainment through interaction (e.g., games), or showing them useful information. Maybe it is possible to provide map applications containing information about doctors and supermarkets in order to supply support for citizens and tourists. There may be further concepts for interacting with public displays. Thus, ubiquitous technologies are likely to remain under constant research in the domain of digital cities.

8. REFERENCES

- [1] F. Alt, T. Kubitzka, D. Bial, F. Zaidan, M. Ortel, B. Zurmaar, T. Lewen, A. S. Shirazi, and A. Schmidt. Digitifieds: Insights into deploying digital public notice areas in the wild. In *Proceedings of the 10th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia*, MUM '11, pages 165–174, New York, NY, USA, 2011. ACM.
- [2] F. Alt, A. S. Shirazi, T. Kubitzka, and A. Schmidt. Interaction techniques for creating and exchanging content with public displays. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '13, pages 1709–1718, New York, NY, USA, 2013. ACM.
- [3] S. Boring, S. Gehring, A. Wiethoff, A. M. Blöckner, J. Schöning, and A. Butz. Multi-user interaction on media facades through live video on mobile devices. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '11, pages 2721–2724, New York, NY, USA, 2011. ACM.
- [4] P. T. Fischer and E. Hornecker. Urban hci: Spatial aspects in the design of shared encounters for media facades. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '12, pages 307–316, New York, NY, USA, 2012. ACM.
- [5] S. Gehring, E. Hartz, M. Löchtelefeld, and A. Krüger. The media façade toolkit: Prototyping and simulating interaction with media façades. In *Proceedings of the 2013 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing*, UbiComp '13, pages 763–772, New York, NY, USA, 2013. ACM.
- [6] M. Häusler. Media facades: History, technology, content. *Ludwigsburg, Av Edition*, 2009.
- [7] P. Holleis, E. Rukzio, F. Otto, and A. Schmidt. Privacy and curiosity in mobile interactions with public displays. In *Workshop on Mobile Spatial Interaction*, CHI '07, 2007.
- [8] E. M. Huang, A. Koster, and J. Borchers. Overcoming assumptions and uncovering practices: When does the public really look at public displays? In *Proceedings of the 6th International Conference on Pervasive Computing*, Pervasive '08, pages 228–243, Berlin, Heidelberg, 2008. Springer-Verlag.
- [9] V. Kostakos and T. Ojala. Public displays invade urban spaces. *IEEE Pervasive Computing*, 12(1):8–13, Jan. 2013.
- [10] N. Memarovic, M. Langheinrich, and F. Alt. The interacting places framework: Conceptualizing public display applications that promote community interaction and place awareness. In *Proceedings of the 2012 International Symposium on Pervasive Displays*, PerDis '12, pages 7:1–7:6, New York, NY, USA, 2012. ACM.
- [11] T. Ojala, H. Kukka, T. Lindén, T. Heikkilä, M. Jurmu, S. Hosio, and F. Kruger. Ubi-hotspot 1.0: Large-scale long-term deployment of interactive public displays in a city center. In *Proceedings of the 2010 Fifth International Conference on Internet and Web Applications and Services*, ICIW '10, pages 285–294, Washington, DC, USA, 2010. IEEE Computer Society.
- [12] P. Peltonen, E. Kurvinen, A. Salovaara, G. Jacucci, T. Ilmonen, J. Evans, A. Oulasvirta, and P. Saarikko. It's mine, don't touch!: Interactions at a large multi-touch display in a city centre. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '08, pages 1285–1294, New York, NY, USA, 2008. ACM.
- [13] A. S. Shirazi, C. Winkler, and A. Schmidt. Flashlight interaction: A study on mobile phone interaction techniques with large displays. In *Proceedings of the 11th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services*, MobileHCI '09, pages 93:1–93:2, New York, NY, USA, 2009. ACM.
- [14] L. Ventä-Olkonen, M. Kinnula, G. Dean, T. Stockinger, and C. Zúñiga. Who's there?: Experience-driven design of urban interaction using a tangible user interface. In *Proceedings of the 12th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia*, MUM '13, pages 49:1–49:2, New York, NY, USA, 2013. ACM.

Prototyping Toolkits

Philipp Neumeier
Universität Passau
neumei18.email@stud.uni-passau.de

ABSTRACT

Rapid prototyping is a very important part of early development to test a product without investing many resources. To hasten this process and to make it available to designers with no or low specialized knowledge many prototyping toolkits were developed. There is a multitude of these toolkits which are of different use in different situations. This paper's goal is to categorize them and to present a method on how to compare toolkits and determine which one is most useful for the project.

Keywords

visual languages, multimodal systems, prototyping, User Interface Toolkits

1. INTRODUCTION

In the early stages of development major changes to the system can be done without spending many resources. Hence, it is a suitable point of time to try out different design choices. But for any form of sophisticated evaluation *a graspable and tangible demonstrator of the right form factor and no substitute is required*[21]. Nevertheless, to make these prototypes you would still need expert knowledge and time to actually build a one. As prototypes are only an early demonstrator of the final product, you want designers with little expert knowledge to make them in little time (1-2 hours in the best case[16]) to evaluate many different design possibilities. To achieve this, prototyping toolkits are developed. They should encapsulate the expert knowledge needed as recommended in [16] and obviously using inexpensive materials and devices as well as easily accessible visual programming languages would be favorable. There are many different toolkits which have their specific strengths and weaknesses.

This paper presents an overview of notable toolkits and presents a method on how to compare them to answer the question, which toolkit suits which kind of project. It is structured as follows:

- In section 2 the available prototyping toolkits are categorized and each category is explained with examples.
- In section 3 the prototyping toolkits for multimodular systems are used to show how toolkits could be compared with each other to determine which is the most useful for the current project.

2. PROTOTYPING TOOLKITS

The following Section gives an overview of a subset of available prototyping toolkits and categorizes them. Examples are given for each category to explain what these toolkits have in common and where they differ. Because of the sheer number of toolkits and because some of them are for very specific situations, this overview does not cover all available toolkits. However, it shall provide a broad overview.

Prototyping toolkits can be put in one of three major categories:

1. Prototype the input and output of a physical device
2. Prototype software
3. Prototype a form of input and output other than the common keyboard, mouse and screens

2.1 Hardware

Hardware prototyping toolkits are used to build prototypes of physical devices by making models out of a cheap material and testing different inputs through sensors, hardware configurations and outputs. There are also toolkits for very specific hardware configurations like The media facade Toolkit[15].

2.1.1 Physical Computing Platform

Single-board micro-controllers are used to control external devices by getting digital input from sensors or other devices, compute them and providing digital outputs. Hence, they can replace a PC in this situation but can be acquired at a much lower cost and tend to be less complex to program. One benefit of these boards is that a developer does not have to create a specific micro-controller first, but can concentrate on the input, output and the application itself. Well-known ones are Arduino[18, 1], Beagleboard[4] and Raspberry PI[6, 29]. The hardware and software is open-source for all of them. Arduino also features an IDE based on Processing.

2.1.2 Hardware User Interfaces

Toolkits for hardware user interfaces always come with a means to gather sensor data of prototype devices and transfer them to a PC in an easily computable way. For example the

- Philipp Neumeier is a student at the University of Passau.
- This research paper was written for the 'Advances in Embedded Interactive Systems (2014)' technical report. Passau, Germany



Figure 1: Navigation controller with the wireless buttons placed in a variety of locations around the form.

Calder Toolkit[24] and IE5[10] come with different sensors like buttons, RFID tags or a tilt sensor which are attached to a sketch foam model or already existing devices to rapidly prototype different kinds interactions with hardware user interfaces like game controllers or other handhelds. An example for the Calder Toolkit is shown in Figure 1. They can also be more focused on evaluating the gathered data. d.Tools[17] and iStuff[2] for example provide IDEs using a visual programming language to create and test different interaction scenarios. iStuff provides special premade devices to test these were as for d. Tools a prototype device has to be made first.

2.2 Software

Another possibility is software prototyping. These toolkits often provide IDEs which use visual programming languages to facilitate software development.

2.2.1 Context-Aware Applications

Context-aware applications take their context of use into account. So for example where, when and by whom they are used. iCAP[32] is a toolkit that allows to sketch input and output devices, design interaction rules with these devices and prototype these rules in an simulated or real context-aware environment without writing any code.

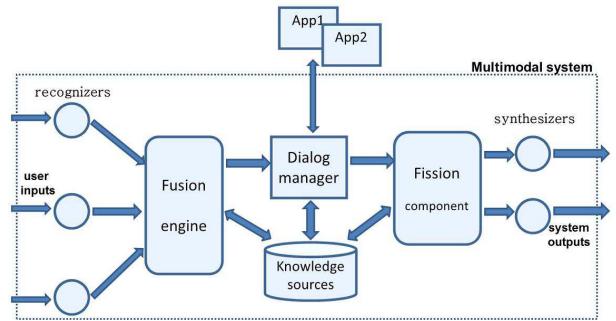


Figure 2: Architecture of a multimodal system.

2.2.2 GUI Prototyping

The software prototyping toolkits presented here use an IDE that allows designers to build a GUI by drag&drop of already existing GUI elements. It also allows them to simulate GUI interaction to effectively get an interactible GUI. Toolkits are for example Balsamiq[3], fluid[14] and proto[31].

2.3 Multimodal Systems

In the general sense, a multimodal system supports communication with the user through different modalities such as voice, gesture, and typing [28, 7]. Hence, multiple such modalities can be used in parallel or sequentially to issue one command contrary to a traditional windows, icons, menus, pointer (WIMP) system. For a system to accept such input it must be able to evaluate multiple events of probably different modalities to understand the intent of the user and generate the proper output which can also possibly be in different modalities. This output could for example consist of audio, video or a synthesized voice.

As shown in Figure 2 a multimodal system comprises multiple parts: The *recognizers* continuously sense and decode user input like speech and hand gestures. After decoding a stream of inputs they inform the *fusion engine* which merges the inputs of all recognizers in order to interpret the user's request. The *dialog-manager* is notified of this request and decides on how to handle it depending on the context, especially the status of the human-machine dialog. After choosing the output it sends this task to the *fission component* which chooses *synthesizers* (computer programs that control rendering devices) to create the output. The context of the user's request is also considered. This information is stored in the data storages called *knowledge sources*.

2.3.1 Multimodal Interfaces

A toolkit for a multimodal interface consists of a sensor configuration and a program to evaluate this data. This program identifies certain events and provides an API so that other programs can access this form of input.

A very important type of multimodal Interfaces are multi-touch and tangible user interfaces (TUIs). One of these toolkits is TUO AS3[25]. It firstly provides an multi-touch and TUI interaction API to for example enhance any UI element with multi-touch interactions for dragging, rotating and scaling. Secondly complex multi-touch or TUI interactions can be defined with a simple grammar by using a mouse and keyboard. Another toolkit for a TUI is Papier-Mâché[20].

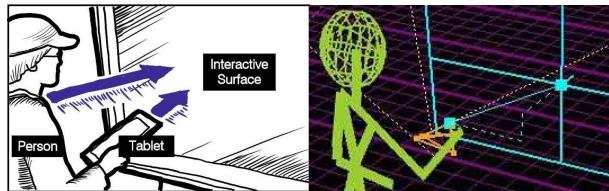


Figure 3: Left: proxemic relationships between entities, e.g., orientation, distance, pointing rays; Right: visualizing these relationships in the Proximity Toolkit's visual monitoring tool.

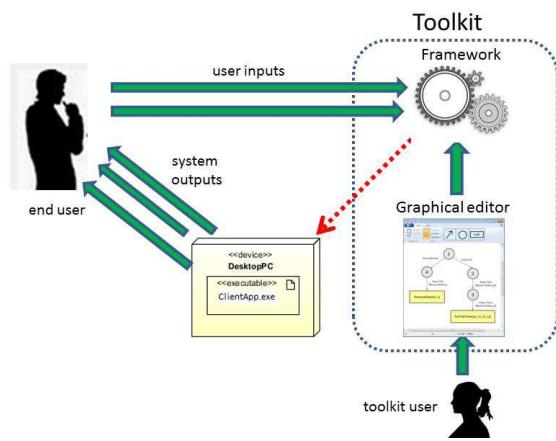


Figure 4: Architecture of a toolkit for rapid prototyping of multimodal systems.

It uses a camera to check for pre-defined interactions with paper and provides an API for these events.

There are also toolkits for other forms of input like the The Proximity Toolkit[26] shown in Figure 3. It evaluates the distance and orientation data for example from objects in a room, provides an API to access these and shows the objects and the data in 3d-grafics to get an easier understanding and run tests.

2.3.2 Rapid Prototyping of Multimodal Systems

Toolkits for rapid prototyping of multimodal systems expands already existing programs with the capabilities to evaluate multimodal input and support multimodal output. Their architecture is shown in Figure 4. They enhance an already-existing application, herein called the client application, which must be developed with a textual programming language without support of the toolkit. It must implement the functionalities of the system. They consist of a framework and a graphical editor. With the graphical editor visual models can be created which specify the multimodal commands[11] which should be recognized by the system. As reaction subroutines of the client program are called to compute the output and handle the output devices. Some of these commands are pre-programmed in the framework, others have to be implemented by the client application. Examples for toolkits, what they have in common and where they differ are explained in section 3.

3. EXEMPLARY COMPARISON OF TOOLKITS

Even if you know which kind of toolkit you need, you still have to choose from a multitude of toolkits which are in certain situations better than the others. But how to determine which one facilitates the development the most? There is few scientific work on comparing different toolkits and scale them in some way. Although toolkits make prototyping easier, you have to look into them and in the best case have experience with them to determine their usefulness and the extent of their capabilities. This goes against the fact that prototyping toolkits are supposed to hasten the development.

To provide hints how this could be done, a method on how to compare toolkits for rapid prototyping of multimodal systems is used in this section. This method is described in detail in [9, 8]. Toolkits for rapid prototyping of multimodal systems were chosen here because of voice commands and other post-WIMP interaction types becoming more important for computer devices like tablets and laptops[30] and also because of the recent release of the XBox One® with its Kinect® device[19].

3.1 Criteria

As stated in section 2.3.2 these toolkits use their graphical editors and framework to handle some tasks of a multimodal system. The support of the toolkits is now measured in how many of the components of a multimodal system a toolkit can handle without requiring to implement it in the client program. So for example if a toolkit's framework handles the components *recognizers* and *fusion engine* it's support would be *{recognizers, fusion engine}*. All the other components must be implemented by the client application. Hence, in this example it would be the components *{dialog-manager, fission component, synthesizers, knowledge sources}*. The subsequent section takes a look at available toolkits:

3.2 Comparison

	Recognizers	Fusion Engine	Dialog-Manager	Fission Component	Synthesizers	Knowledge Sources
ICon	✓	✗	✗	✗	✗	✗
OpenInterface	✓	✗	✗	✗	✗	✗
Squidy	✓	✗	✗	✗	✗	✗
MEngine	✓	✓	✓	✗	✗	✗
CoGenIVE	✓	✓	✓	✗	✗	✗
HephaisTK	✓	✓	✓	✗	✗	✗
PetShop	✓	✓	✓	✓	✗	✗

ICon, OpenInterface, Squidy.

ICon[12], OpenInterface[23] and Squidy[22] have the support $\{ \text{recognizers} \}$. So they provide the minimal support of all the toolkits. This means that these toolkits give the client application easy access to the multimodal input of many heterogeneous devices. Identifying a user request, handling it and creating an proper output must be implemented by the client application.

MEngine, CoGenIVE, HephaisTK.

MEngine[5], CoGenIVE[11] and HephaisTK[13] have the support $\{ \text{recognizers}, \text{fusion engine}, \text{dialog manager} \}$. So these toolkits can evaluate many different kinds of input, merge them into a series of events and can identify whether this is one of the defined user requests or not. They can not handle multiple parallel outputs and therefore can only have one kind of output per event. The price for the extended support is that the visual programs made with the toolkit are bigger and more complex.

Petshop.

Petshop[27] provides the support $\{ \text{recognizers}, \text{fusion engine}, \text{dialog manager}, \text{fission component} \}$. This means it provides the maximal support. So it can also handle multiple parallel outputs in addition to what the toolkits of the previous section can. But again the visual programs become increasingly complex and take longer to create.

3.3 Summary

All of the toolkits for rapid prototyping of multimodal systems handle the recognizers. This is a very important part of these toolkits as making the sensor data computable is a major point for someone to use these toolkits in the first place. None of them handle synthesizers or knowledge sources. They must be implemented in the client program. The support for the fusion engine, the dialog-manager and the fission component varies from toolkit to toolkit. As seen in the section above the toolkits can be put into one of three categories were each category grants a different amount of support. The downside of the higher support is the increased complexity of the graphical editors. Therefore to find the toolkit which suits your current project most, you have to weigh the support of the toolkits against the time needed to create the graphical programs.

4. CONCLUSIONS

In this paper an overview of prototyping toolkits was given. They were categorized and notable examples were given for each category. Then a method was used which shows how different toolkits of one category could be compared with

each other to find the one which facilitates the development the most. It is possible to identify the amount of support a toolkit provides compared to similar ones. But as more support could increase the complexity and time needed to make a prototype, a toolkit can be chosen which grants the support actually needed for the task at hand. Right now such comparisons are rare and research and experience is needed to choose the correct toolkit. Perhaps in the future more comparisons like the one presented are available.

5. REFERENCES

- [1] Arduino. <http://www.arduino.cc>.
- [2] R. Ballagas, M. Ringel, M. Stone, and J. Borchers. istuff: A physical user interface toolkit for ubiquitous computing environments. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '03*, pages 537–544, New York, NY, USA, 2003. ACM.
- [3] Balsamiq. <http://balsamiq.com>.
- [4] Beagleboard. <http://beagleboard.org>.
- [5] M.-L. Bourguet. Designing and prototyping multimodal commands. In *INTERACT*. Citeseer, 2003.
- [6] J. D. Brock, R. F. Bruce, and M. E. Cameron. Changing the world with a raspberry pi. *J. Comput. Sci. Coll.*, 29(2):151–153, Dec. 2013.
- [7] Byte. *Special Issue on Computing without Keyboard*. July 1990.
- [8] F. Cuenca. The cogenie concept revisited: A toolkit for prototyping multimodal systems. In *Proceedings of the 5th ACM SIGCHI Symposium on Engineering Interactive Computing Systems, EICS '13*, pages 159–162, New York, NY, USA, 2013. ACM.
- [9] F. Cuenca, D. Vanacken, K. Coninx, and K. Luyten. Assessing the support provided by a toolkit for rapid prototyping of multimodal systems. In *Proceedings of the 5th ACM SIGCHI Symposium on Engineering Interactive Computing Systems, EICS '13*, pages 307–312, New York, NY, USA, 2013. ACM.
- [10] I. Culverhouse and S. Gill. Bringing concepts to life: Introducing a rapid interactive sketch modelling toolkit for industrial designers. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Tangible and Embedded*

- Interaction*, TEI '09, pages 363–366, New York, NY, USA, 2009. ACM.
- [11] J. De Boeck, D. Vanacken, C. Raymaekers, and K. Coninx. High-level modeling of multimodal interaction techniques using nimmit. 2007.
 - [12] P. Dragicevic and J. Fekete. Icon: input device selection and interaction configuration. In *Companion proceedings of the 15th ACM symposium on User Interface Software & Technology (UIST'02), Paris, France*, pages 27–30, 2002.
 - [13] B. Dumas, D. Lalanne, and R. Ingold. Description languages for multimodal interaction: a set of guidelines and its illustration with smuiml. *Journal on Multimodal User Interfaces*, 3(3):237–247, 2010.
 - [14] fluid. <https://fluidui.com>.
 - [15] S. Gehring, E. Hartz, M. Löchtefeld, and A. Krüger. The media facade toolkit: Prototyping and simulating interaction with media facades. In *Proceedings of the 2013 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing, UbiComp '13*, pages 763–772, New York, NY, USA, 2013. ACM.
 - [16] S. Gill, G. Loudon, and D. Walker. Designing a design tool: working with industry to create an information appliance design methodology. *Journal of Design Research*, 7(2):97–119, 2008.
 - [17] B. Hartmann, S. R. Klemmer, M. Bernstein, L. Abdulla, B. Burr, A. Robinson-Mosher, and J. Gee. Reflective physical prototyping through integrated design, test, and analysis. In *Proceedings of the 19th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, UIST '06*, pages 299–308, New York, NY, USA, 2006. ACM.
 - [18] B. Kaufmann and L. Buechley. Amarino: A toolkit for the rapid prototyping of mobile ubiquitous computing. In *Proceedings of the 12th International Conference on Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services, MobileHCI '10*, pages 291–298, New York, NY, USA, 2010. ACM.
 - [19] Kinect. <http://www.xbox.com/en-GB/xbox-one/innovation> (visited Dezember 2013).
 - [20] S. R. Klemmer, J. Li, J. Lin, and J. Landay. Papier-mâché: Toolkit support for tangible interaction. In *Proceedings of the 16th annual ACM symposium on user interface software and technology (UIST 2003), Vancouver, British Columbia, Canada*, 2003.
 - [21] M. Kranz and A. Schmidt. Prototyping smart objects for ubiquitous computing. In *Workshop on Smart Object Systems, 7th International Conference on Ubiquitous Computing (Ubicomp)*, 2005.
 - [22] W. König, R. Rädle, and H. Reiterer. Interactive design of multimodal user interfaces. *Journal on Multimodal User Interfaces*, 3(3):197–213, 2010.
 - [23] J.-Y. L. Lawson, A.-A. Al-Akkad, J. Vanderdonckt, and B. Macq. An open source workbench for prototyping multimodal interactions based on off-the-shelf heterogeneous components. In *Proceedings of the 1st ACM SIGCHI Symposium on Engineering Interactive Computing Systems, EICS '09*, pages 245–254, New York, NY, USA, 2009. ACM.
 - [24] J. C. Lee, D. Avrahami, S. E. Hudson, J. Forlizzi, P. H. Dietz, and D. Leigh. The calder toolkit: Wired and wireless components for rapidly prototyping interactive devices. In *Proceedings of the 5th Conference on Designing Interactive Systems: Processes, Practices, Methods, and Techniques, DIS '04*, pages 167–175, New York, NY, USA, 2004. ACM.
 - [25] J. Luderschmidt, I. Bauer, N. Haubner, S. Lehmann, R. Dörner, and U. Schwanecke. Tuio as3: A multi-touch and tangible user interface rapid prototyping toolkit for tabletop interaction. In *Sensyble Workshop*, 2010.
 - [26] N. Marquardt, R. Diaz-Marino, S. Boring, and S. Greenberg. The proximity toolkit: Prototyping proxemic interactions in ubiquitous computing ecologies. In *Proceedings of the 24th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, UIST '11*, pages 315–326, New York, NY, USA, 2011. ACM.
 - [27] D. Navarre, P. Palanque, J. Ladry, and E. Barboni. Icos: A model-based user interface description technique dedicated to interactive systems addressing usability, reliability and scalability. In *ACM Transactions on Computer-Human Interaction* 16, 4, 2009.
 - [28] L. Nigay and J. Coutaz. A design space for multimodal systems: Concurrent processing and data fusion. In *Proceedings of the INTERACT '93 and CHI '93 Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '93*, pages 172–178, New York, NY, USA, 1993. ACM.
 - [29] R. Pi. <http://www.raspberrypi.org>.
 - [30] I. F. Press. *Talk with Your Device: The Future of Voice Control*. <http://www.intelfreepress.com/news/talk-with-your-device-the-future-of-voice-control/5335> (visited December 2013).
 - [31] proto. <http://proto.io>.
 - [32] T. Sohn and A. Dey. icap: An informal tool for interactive prototyping of context-aware applications. In *CHI '03 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, CHI EA '03*, pages 974–975, New York, NY, USA, 2003. ACM.

Urban Context Awareness

Sebastian Scheffel
Universität Passau
scheff08@stud.uni-passau.de

ABSTRACT

As the number of mobile devices, especially smartphones, has increased in the last years, new types of applications have been developed which use information from their environment. Using different contexts allows applications to change their behaviour accordingly. In the outline of this paper we will look at the different smartphone sensors, show existing approaches to create context out of measured sensor data and outline existing and possible applications of context awareness in a digital city. We will conclude with a short outlook on the possible development of context-aware applications in the future.

Keywords

Internet of Things, Smart Building / Smart Home, Intelligent Environments, Mobile Devices

1. INTRODUCTION

In the last few years, smartphones have become a part of our daily lives. There is a new application named „Google Now”. The „Now” stands for real-time information. The application offers the possibility to many context-sensitive features. One of them tells the user, when to leave for a term. At the first sight, this seems to be a very common and easy feature. But behind the surface, a lot of things are used. The application is only possible, because it knows the user’s location, the information on the term (time and location), the traffic situation on the route, which vehicle the user usually uses and the current time. Each of these items is a different context. Applications similar to this one would be not possible without this context information.

As mobile devices (especially smartphones) are used in frequently context changing environments and by many people every day, we will concentrate on this in the following. Therefore, at first a definition of what context awareness means and what mobile devices are, is given in the next section.

- Sebastian Scheffel is a student at the University of Passau.
- This research paper was written for the ‘Advances in Embedded Interactive Systems (2014)’ technical report. Passau, Germany

2. DEFINITIONS

2.1 Context Awareness

The term *context awareness* was used the first time by Schilit and Theimer in the year 1994.[14] They described context-aware computing as a software, that „adapts according to its location of use, the collection of nearby people and objects, as well as changes to those objects over time.”

In 1999, Schmidt et al. mentioned context as „interrelated conditions in which something exists or occurs”[15]. They divided context into two main categories: human factors and physical environment. These two categories are provided additional context information by history. The human factors are divided into three subcategories: information on the user, on the social environment and the user’s tasks. The physical environment consists of location, infrastructure, and physical conditions like level of noise, brightness etc.

In the same year, Dey and Abowd defined context as „any information that can be used to characterize the situation of an entity. An entity is a person, place, or object that is considered relevant to the interaction between a user and an application, including the user and applications themselves.”[1] They divided context into the primary categories location, identity, activity and time.

Nivala and Sarjakoski distinguished two different types of context awareness: active and passive.[13] Passive context awareness means that the user receives information passively. Therefore, the computer senses the specific context automatically. On the other hand, active context awareness means that information is provided actively by the user.

According to Deys proposal[6], features of context-aware application should be divided into the categories presentation of information and services to a user, automatic execution of a service for a user and tagging of context to information to support later retrieval.

2.2 Mobile Devices

Schmidt et al. mentioned ultra-mobile devices as „computing devices that are operational and operated while on the move”. This can be, for example, mobile phones, PDAs or laptops. Since 2007, when Apple’s iPhone was introduced, the view on context-aware applications has changed a lot. Smartphones have become a group of mobile devices with a large variety of built-in sensors. As external sensors can be connected to a smartphone via wireless links (e.g. Bluetooth), additional external sensors can be added easily. Equipped with increasing computing power and the same

links and sensors as other mobile devices, smartphones are able to perform the same applications as other mobile devices. For this reason, we will use smartphones as a synonym for mobile devices.

3. SMARTPHONE SENSORS

There are a lot of different built-in sensors in a common smartphone. As the current smartphones are getting tinier, there is a space problem. So only the most relevant sensors and modules can be embedded in a smartphone. The sensors, which are currently used in almost every smartphone, are described by Lane et al.[10] Based on this, we will show the different sensors and their usage for creating context.

Location Sensors. One of the most important contexts for smartphones is location, as mobile devices usually change their location frequently. In order to create location context, the smartphone's GPS (Global Positioning System), GSM (Global System for Mobile Communications) and/or WLAN (Wireless Local Area Network) antennas are used to determine the phone's location.[16] As an antenna is not a real sensor, software is used to simulate a virtual sensor. That means, the antenna (in combination with software) will behave like a real sensor from the outside. As the antennas only can receive incoming signals, the software uses the direction, where the signal has come from, and, in case of GSM or WLAN, its strength to determine the location. For this purpose, the software takes signals from different senders, whose positions are known, and computes the phone's location out of it. From the outside, it will look as if the smartphone antenna sensed its location directly.

Orientation Sensors. Additional to the location sensors, a smartphone has sensors to determine orientation. For this reason, a digital compass is part of a smartphone. It can determine in which cardinal direction the device is held. With another sensor, the gyroscope, not only the cardinal direction can be determined, but also if the device is held diagonally to the horizon. From the compass' and gyroscope's sensor data, orientation context can be derived, e.g. the device's position in the 3-dimensional space. This context is needed in applications, such as augmented reality, which require the user's orientation or what the user sees.

Accelerometer. As it is not only important, where the device is located in the 3-dimensional space, but also in which direction it is moved or accelerated, there is an accelerometer to provide this data. The accelerometer measures, how much the device is accelerated in which direction. This can be used by software to determine the instantaneous velocity. Because of the changes in acceleration, their direction and the derived speed, the user's type of locomotion can be detected, for example, if the user is running, walking, standing or using a vehicle. It is also possible to derive contexts like the user is driving a car or walking as tourist through a city.

Proximity Sensor. The proximity sensor measures the distance to an object. From this information, context, like *is the user holding the phone to his ear or is the device lying on the table*, can be created. Also the position of the user relative to the device can be determined by using sensor data from additional sensors, e.g., gyroscope or camera.

Ambient Light Sensor. The ambient light sensor measures the intensity of incident light. This can be used to increase or decrease the screen's backlight intensity. The ambient light context can also be used to decide, if the camera needs a flash light for taking a picture or not. Another imaginable application of an ambient light sensor would be, in combination with the time and location context, to detect if the smartphone is in a bag or outside.

Camera. Smartphones usually have two cameras: one in the front in user direction and one on the back in the opposite direction. As a camera captures pictures, which can contain a lot of objects or beings, it is a very powerful sensor. From special patterns in the picture, software can recognize faces or detect objects. Therefrom, context, like is the user looking at the screen or which things, buildings etc. are in front of the user, can be derived.

Microphone. Similar to the camera, the smartphone's microphone can be used to determine a lot of different contexts. The microphone can measure the noise level and frequency of sounds in the environment. Appropriate software can even detect, if somebody is speaking, if there is music played (and which) or recognize other noises. So there can be a lot of different context derived, e.g., noise level, type of location (e.g. bar, opera) or is the user in a meeting. By using a special code word, the smartphone could also detect that the user wants to speak to the device.

Other Users as „Sensors”. Not only the built-in sensors of a smartphone can be used to get sensor data. It can also come from other smartphones. This is possible because of establishing ad-hoc networks between the devices or communication via the internet. Demirbas et al. have shown with their example using twitter, that this is possible.[5] By using crowd sensing, a smartphone can use the context of other users (their physical environment and human factors) as a sensor. From the retrieved data, a new own context is created. For example, if other users are in a congestion, a volume of traffic context can be created out of the traffic context from these users. Also social context can be derived using this technique of crowd sensing, e.g. if the user is moving in a group of people or alone.

4. FRAMEWORKS TO MODEL CONTEXT

As we have considered different sensors in the previous section, we will follow up with the question, how context can be derived from sensor data. As raw sensor data is difficult to use and reuse for context-aware applications, the sensor data has to be interpreted somehow to arouse context and it has to be gathered. For this purpose, frameworks have been developed. Their objective is to make it easier to model context and to integrate it in applications. Also designers and end-users should be empowered by them to build their own applications.[3]

In 2001, Dey and Abowd presented their *Context Toolkit*.[7] The toolkit consists of context widgets, interpreters, aggregators and services. In figure 1 on page 3 an example configuration of the toolkit is shown. Context widgets are similar to GUI widgets. They hide the complexity of the sensors used by the application, i.e. the programmer does not have to know how the sensor data actually is retrieved. Con-

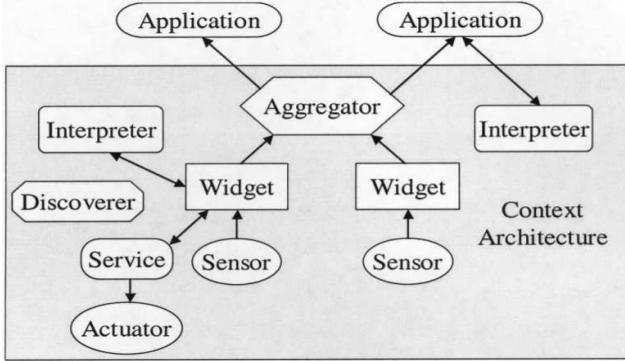


Figure 1: Example configuration of Context Toolkit components [7]

text widgets also abstract context information that applications are expected to need the most frequently. In addition, the widgets „provide reusable and customizable building blocks of context sensing.”[7] For these reasons, there are further abstractions needed to handle context information effectively. This work is done by the interpreters and aggregators. Interpreters transform the information gained by the context widget. Usually one or more context information is taken and combined to a higher level of abstraction. Aggregators collect logically related information from widgets to encapsulate it in a single software component. This makes the gathered information reusable for applications, as not each application has to implement the aggregation by itself. As context widgets are retrieving data from the environment, services are components which execute actions. Therefore, they change state information in the environment using an actuator.

In 2003, the *Context Management Framework* was introduced by Korpipää et al.[9] Their model consists of the functional entities context manager, resource server, context recognition service and application. The context manager works as server, while the other entities act as clients. The manager stores context information from any available source and provides it to the clients. The resource servers connect to context data sources and push their information to the context manager. The context recognition services are added or removed from the context manager. They have a set of context atoms as input and create higher-level contexts as output. This higher-level context is used by the application without knowing the underlying context. In this framework, quantization of sensor data is considered in the resource servers to create more precise context.

In their *Framework for Developing Mobile, Context-aware Applications*, Biegel and Cahill created a sentient object model which has sensors as input and actuators as output.[3] When sensor data arrives at the object, sensor fusion is performed to manage uncertainty and derive higher level context from multi-modal data sources. Then the data is put in a context hierarchy, which allows to raise higher-level context from lower-level context. By using conditional rules, the context-aware behaviour is specified. This results in sending out appropriate actuators.

After this short overview of frameworks to model context,

we will look at possible applications to use context in a digital city.

5. CONTEXT AWARENESS IN A DIGITAL CITY

As already mentioned, smartphones are used by an increasing number of users. In combination with the sensing possibilities and increasing computing power, they are well qualified for the use in a digital city.

As it is often difficult for people to orientate at strange locations, indoor localization can help a lot in foreign buildings. It is already possible to determine the location by using the existing WLAN access points, if the position of, for example, the entrance is known.[4] Based on the localization, the location context can be used for a lot of things. If the smartphone has additional information about to which room the user wants to go (for example the user has created a term in five minutes and stored the room number), it could guide him the way automatically. Another scenario would be, that the smartphone detects, if the user is in his office or in the meeting room. Knowing this context, the smartphone can decide, if the ringtone should be disabled or not. The smartphone could also remind the user on a previously made note, which affects the owner of the office the user is currently in.

Usual and unusual behaviour can also be used in a digital city. Mahajan et al. showed, that the recognition of usual and unusual is possible on the example of a surveillance camera.[11] But this is not only usable for the police or security forces, standing in the public and waiting for unusual behaviour of people. The model could also be used to detect, what a person usually does in a certain context. From knowing this, a new history context can be aroused. This context could be used to detect the user's preferences and then use them for later purposes. So if the user would go to the gym every monday evening, the smartphone would recognize this as usual behaviour. Then the device could block incoming calls or term requests during this time. As another example, the smartphone could detect the user's working hours in combination with the time context. Derived from this context, the smartphone would change between a private and working mode (e.g. only show business emails during working hours) or tell, before leaving the office and using the current traffic situation as context, which way to home would be the fastest.

Usual behaviour can also be used as context in intelligent maps. As in maps the users are provided searching for points of interest like restaurants, context of usual can help to find more relevant results. Depending on the current location, time and usual context the smartphone can derive, for example, that the user wants to go to a nearby Italian restaurant as it is dinner time and the user seems to like Italian food. As it can be guessed from the example, a lot of different context can be used in intelligent maps. Niivala and Sarjakoski mention the contexts location, purpose of use, time, physical surroundings, navigation history, orientation, cultural and social context and user context.[13] Location context plays a very important role in maps, because the user location can be used to find places nearby or to navigate to a certain place. But also time context can improve maps. A map application can make use of the day-time, weekday or season to change map content. For ex-

ample, opening hours of shops or tourist attractions could be regarded, when selecting relevant places. Also social context should be taken in consideration. Depending on the user's social environment, an intelligent map could lead the user to his friends or to places, where people from his social environment go to. If in addition the user's context is added, a map could find places matching user preferences like the music genre played in a bar.

To collect all the needed information for intelligent maps, it is possible to use other users as a source via crowdsourcing.[17] This can be done, for example, by using their recommendations or data collected by their smartphones. It is a cheap and effective technique for a city administration to get sensor data, if the citizens smartphones are used as a sensor. The problem is, that this method needs participants to be really effective. A common concern of people is that they could be spied out by the city or their sensor data could be abused. On the other hand, there are a lot of possibilities with crowdsourcing. The city administration could detect typical locomotion pattern of its citizens. So it can notice bottlenecks in infrastructure and build better infrastructure or redirect traffic. If the users' smartphones are notified about the context created from the sensor data, it can be used for a large variety of context-aware applications.

An example for this are recommender systems, which use the ratings and opinions of other people. As traditional recommender systems only use users and items as entities, Adomavicius and Tuzhilin discussed the influence of a third entity on recommendation systems: context.[2] They came to the conclusion, that context is very important in this field, as location, time and social context can influence ratings a lot. If the recommender's background information like gender and age is available, then the recommendation is likely to be more relevant for people with the same gender and age. If the social relationship between the person, who recommends a thing or place, knows the person, who gets recommended, this recommendation would be much more relevant for this person than other ones. As an application of this, shops could offer product recommendations from the customer's friends. This can be good advertisement for a shop and would help and persuade the customer to buy things.

The social context cannot only be used by recommendation systems, but also for social status applications. Miluzzo et al. have developed the application *CenceMe* which provides other users the own current social status. As a consequence, questions about the current location of a person is getting unnecessary, as this information is already known. The social status of a person can be derived from context, such as the location, social environment and usual behaviour. For example, the user's smartphone could update the status, if the location has changed or the user has met a friend. Also the way home from work, determined by time and usual behaviour, could be part of the social status. The status could also include *with friends*, if friends are located next to the user and the smartphone derives this context from recognizing the friends' devices. If in addition this group went from clothing store to clothing store, the context *shopping* could be extended to *shopping with friends*.

Not only the social status or other human factors can be used in a digital city. Physical context, like location and velocity or acceleration, can be used to determine traffic and road conditions. Mohan et al. have shown, that smart-

phones not only can detect congestions or bottlenecks, but are even able to notice potholes.[12] If many smartphones in a city measure the traffic conditions at their current location, context of current traffic conditions can be derived. This context can be used to propose or take another faster or more comfortable route. If the traffic control center of a city had all of this sensed information, they could redirect traffic or limit velocity to avoid or defuse congestions.

Arising from the traffic in a city, there is another big problem besides congestions: air pollution. For this reason, it would be great, if the city could measure the pollution. As the costs for sensors are high, Hasenfratz et al. proposed to use smartphones with an additional connected sensor, which is able to measure air pollution.[8] As smartphones are often in motion, there would be data from many different places. This would be a cheap alternative for the city administration. The mobile sensor nodes' collected data could then be used by context-aware applications. For example, an intelligent map could guide users preferred to parks with lower air pollution or propose to use public transportation instead of the car. Furthermore, user activities like sport could be postponed to a time with better air conditions.

6. CONCLUSIONS

As seen in the previous section, crowdsensing provides a wide spectrum of using context. As it is easy to connect new sensors via a wireless link to a smartphone, they are extendable for new tasks. The reason, why crowdsensing is not that common, could be concerns of the users regarding abuse of their own personal data. But by sharing context and sensor data with others, new kinds of context-aware application would be possible. By using context awareness in smartphone environments, the daily life is getting easier. As smartphones bring almost everything, which is needed to use context in a digital city, they will be used further in the future. As a consequence, more and more smartphone applications, which use context in urban environments, will be developed, as context makes information more relevant for the user.

7. REFERENCES

- [1] G. D. Abowd, A. K. Dey, P. J. Brown, N. Davies, M. Smith, and P. Steggles. Towards a better understanding of context and context-awareness. In *Handheld and ubiquitous computing*, pages 304–307. Springer, 1999.
- [2] G. Adomavicius and A. Tuzhilin. Context-aware recommender systems. In *Recommender systems handbook*, pages 217–253. Springer, 2011.
- [3] G. Biegel and V. Cahill. A framework for developing mobile, context-aware applications. In *Proceedings of the Second IEEE Annual Conference on Pervasive Computing and Communications, 2004. PerCom 2004.*, pages 361–365. IEEE, 2004.
- [4] K. Chintalapudi, A. Padmanabha Iyer, and V. N. Padmanabhan. Indoor localization without the pain. In *Proceedings of the sixteenth annual international conference on Mobile computing and networking*, pages 173–184. ACM, 2010.
- [5] M. Demirbas, M. A. Bayir, C. G. Akcora, Y. S. Yilmaz, and H. Ferhatosmanoglu. Crowd-sourced sensing and collaboration using twitter. In *World of*

- Wireless Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM), 2010 IEEE International Symposium on*, pages 1–9. IEEE, 2010.
- [6] A. K. Dey. Understanding and using context. *Personal and ubiquitous computing*, 5(1):4–7, 2001.
 - [7] A. K. Dey, G. D. Abowd, and D. Salber. A conceptual framework and a toolkit for supporting the rapid prototyping of context-aware applications. *Human-computer interaction*, 16(2):97–166, 2001.
 - [8] D. Hasenfratz, O. Saukh, S. Sturzenegger, and L. Thiele. Participatory air pollution monitoring using smartphones. In *Proc. 1st Int'l Workshop on Mobile Sensing: From Smartphones and Wearables to Big Data*, 2012.
 - [9] P. Korpipaa, J. Mantyjarvi, J. Kela, H. Keranen, and E.-J. Malm. Managing context information in mobile devices. *Pervasive Computing, IEEE*, 2(3):42–51, 2003.
 - [10] N. D. Lane, E. Miluzzo, H. Lu, D. Peebles, T. Choudhury, and A. T. Campbell. A survey of mobile phone sensing. *Communications Magazine, IEEE*, 48(9):140–150, 2010.
 - [11] D. Mahajan, N. Kwatra, S. Jain, P. Kalra, and S. Banerjee. A framework for activity recognition and detection of unusual activities. In *ICVGIP*, pages 15–21, 2004.
 - [12] P. Mohan, V. N. Padmanabhan, and R. Ramjee. Nericell: rich monitoring of road and traffic conditions using mobile smartphones. In *Proceedings of the 6th ACM conference on Embedded network sensor systems*, pages 323–336. ACM, 2008.
 - [13] A.-M. Nivala and L. T. Sarjakoski. An approach to intelligent maps: context awareness. In *The 2nd Workshop on HCI in Mobile Guides*, 2003.
 - [14] B. N. Schilit and M. M. Theimer. Disseminating active map information to mobile hosts. *Network, IEEE*, 8(5):22–32, 1994.
 - [15] A. Schmidt, M. Beigl, and H.-W. Gellersen. There is more to context than location. *Computers & Graphics*, 23(6):893–901, 1999.
 - [16] G. Sun, J. Chen, W. Guo, and K. Liu. Signal processing techniques in network-aided positioning: a survey of state-of-the-art positioning designs. *Signal Processing Magazine, IEEE*, 22(4):12–23, 2005.
 - [17] B. Zhan, D. N. Monekosso, P. Remagnino, S. A. Velastin, and L.-Q. Xu. Crowd analysis: a survey. *Machine Vision and Applications*, 19(5-6):345–357, 2008.

Citizen Apps und Websites

David Scherrer
Universität Passau
scherr10@stud.uni-passau.de

ABSTRACT

Citizen Apps und Websites werden von einer leitenden Institution, wie z.B einer Stadtregierung, als Informationsquelle für Bürger angeboten, dienen aber auch der aktiven Mitgestaltung der Bevölkerung in der Entwicklung von vor allem urbanen Gegenden. Hierbei werden Daten, Erfahrungen, Meinungen oder neue Ideen mithilfe von Crowdsourcing oder Open Data Angeboten gesammelt, ausgewertet und letztendlich für die Generierung eines höheren Lebensstandards eingesetzt. Dies bringt jedoch neben der zahlreichen Vorteile auch einige Nachteile, sowohl für Regierung als auch für den Bürger mit sich. Wie die Datengewinnung für smarte Städte durchgeführt wird, welche Probleme entstehen und wie letztendlich diese Daten Anwendung finden wird in dieser Arbeit erklärt.

Keywords

Crowdsourcing, Citizen Science, Citizen Sensing, Open Government, Open Data

1. EINLEITUNG

Die Aufgabe der Regierung insbesondere in urbanen Regionen gute Infrastrukturen, Dienstleistungen und einen hohen Lebensstandard zu gewährleisten, zieht heutzutage große Herausforderungen mit sich. Denn dabei spielen nahezu unendlich viele Faktoren eine Rolle, wie zum Beispiel steigende Einwohnerzahlen, viele verschiedene ethnische Herkünfte oder Bildungsschichten. Auf alle Ansprüche der immer facettenreicher werdenden Bevölkerung einzugehen und diese auch für Alle zufriedenstellend umzusetzen, stellt enorme Anforderungen für die Volksvertreter dar[9]. Sogenannte "Smart City - Projekte" erfreuen sich daher auch aus diesem Grund weltweit steigender Beliebtheit. Hier wird unter anderem die Möglichkeit einer aktiven Mitgestaltung der Bürger in der Entwicklung der Stadt geboten. Das Verhältnis zwischen Regierung, Wirtschaft und Bevölkerung wird gestärkt, indem den Bürgern mehr Mitspracherecht gegeben wird und Probleme offener gehandhabt werden. Das hat zur Folge, dass

es für Letztere einfacher ist Ideen, gesammelte Daten oder Meinungen zu bestimmten Themen einzubringen. Dadurch kann man besser auf deren Interessen eingehen und gezielt prioritäre Anliegen behandeln.

Eine Schnittstelle in der Bürger in den Entwicklungsprozess integriert werden bilden "Citizen Websites" und entsprechende Applikationen. Hierbei wird der Bevölkerung freier Zugang auf Daten und Information rund um die öffentlichen Interessen der Stadt geboten.

2. MÖGLICHKEITEN DER DATENGEWINNUNG - CROWDSOURCING

Damit Informationen auf Citizen Apps und Websites zur Verfügung gestellt werden können, müssen natürlich erst Rohdaten gesammelt werden. Dies geschieht einerseits von der Regierung selbst, oder eben durch die Bevölkerung. Crowdsourcing wird oft mit dem Begriff "Weisheit der Vielen" in Zusammenhang gebracht. Dabei ist gemeint, dass die Wahrnehmungen und Erkenntnisse einer großen Gruppe individueller Personen viel wertvoller sind, als die des am besten auf dem entsprechenden Themengebiets geschulten Mitglieds der Gruppe. Dieses Konzept spielt in Rahmen der Smart Cities und den dazugehörigen Citizen Websites und Apps eine große Rolle und bietet enormes Potenzial zur gezielten Lösung öffentlicher Probleme[11][6]. Crowdsourcing wird im Zusammenhang Citizen Apps und Websites hauptsächlich unter Verwendung von Smartphones durchgeführt. Nachfolgend werden speziell für Citizen Apps und Websites relevante und wichtige Methoden zur Gewinnung von Daten durch das Volk erklärt[4].

2.1 Citizen Science

Bei dieser Form der Datengenerierung werden interessierte Mitglieder der Gesellschaft in den Prozess der Forschung involviert. Diese müssen aber nicht zwingend Experten auf den entsprechenden Gebieten sein. Die Priorität liegt hier auch auf den Ergebnissen der Arbeiten freiwilliger Nichtfachmänner. Professionelle Wissenschaftler nutzen dann die vorher erbrachten Leistungen zur weiteren Bearbeitung[12].

Am folgenden Beispiel des "Did you feel it?" (DYFI) Programms wird dieses Konzept verdeutlicht. DYFI Programm sammelt seismologische Daten, die von jeder Person eingebracht werden können. Die Idee hinter diesem Programm ist, dass von den sogenannten Citizen Scientists (Bürgerwissenschaftler) wahrgenommene Anzeichen von Erdbeben auf einer Website selbst eingetragen werden und von spezialisierten Wissenschaftlern zur Forschung verwendet werden[2].

- *David Scherrer is a student at the University of Passau.*
- *This research paper was written for the 'Advances in Embedded Interactive Systems (2014)' technical report. Passau, Germany*

Found 30 matching results Felt Events - Last 7 Days

MMI	Mag	Location	Event Time	Event ID	Response
IV	4.1	CENTRAL CALIFORNIA 35.81°N -119.82°W 22Km Deep	2013-12-13 07:49:57 UTC 2013-12-12 23:49:57 LOCAL	NC72119970	981
III	2.6	NORTHERN TEXAS 33.71°N -96.69°W 5Km Deep	2013-12-13 05:43:04 UTC 2013-12-12 23:43:04 LOCAL	USC000LJWU	11
VI	5.4	OFFSHORE EL SALVADOR 13.13°N -89.12°W 64Km Deep	2013-12-13 04:45:11 UTC 2013-12-12 22:45:11 LOCAL	USC000LJV7	77
III	2.8	CENTRAL CALIFORNIA 35.40°N -118.39°W 8Km Deep	2013-12-12 13:40:18 UTC 2013-12-12 05:40:18 LOCAL	CI15443329	7
III	2.7	GREATER LOS ANGELES AREA, CALIFORNIA 34.18°N -117.35°W 9Km Deep	2013-12-12 12:48:24 UTC 2013-12-12 04:48:24 LOCAL	CI15443313	32

Abbildung 1: Did You Feel It? - Liste mit beobachteten Erdbeben, deren Stärke, Lokalisierung, Ort, Zeit, Event-ID (zur Identifikation des Ereignisses) und Anzahl der Bestätigungen¹

Dafür wird lediglich ein Internetzugang und ein Webbrowser benötigt.

Der Ablauf dabei ist sehr simpel gehalten, damit auch unerfahrenere Internetbenutzer - wie es z.B. bei Senioren oft der Fall ist - Beobachtungen ohne Schwierigkeiten online festhalten können. Nachdem man den auffälligen Button "Report an unknown Event" ausgewählt hat, öffnet sich ein Fenster in dem sich ein Formular befindet. Hier wird zuerst nach dem Standort der bemerkten Erschütterung gefragt. Man hat die Wahl ob man eine Adresse eingibt, oder den Ort direkt auf einer Karte markiert. Nachdem man die Uhrzeit des Ereignisses angegeben hat, werden Fragen bezüglich der eigenen Wahrnehmung gestellt. Dabei sind die möglichen Antworten in einer Dropdown-Liste vorgegeben, damit ein im Hintergrund laufendes Programm die Stärke des Erdbebens festlegen kann. Beispielsweise wird man gefragt, ob man knarrende Töne gehört hat, oder ob sich Einrichtungsgegenstände bewegt haben und wenn ja, wie laut bzw. stark. Außerdem ist die subjektive Auffassung über die Stärke der Erschütterung auf einer Skala von "schwach" bis "heftig" anzugeben und ob und welche Schäden an Gebäuden erkennbar sind. Abschließend besteht die optionale Möglichkeit seine Kontaktdata für eventuelle Rückfragen anzugeben. Danach wird der eingetragene Report in die Sammlung aufgenommen (Abb.1), wo andere Citizen Scientists diesen bestätigen können um die Beobachtung zu bekräftigen.

Obwohl die vorgegebenen auswählbaren Angaben des beschriebenen Formulars stark beschränkt und klar differenziert sind, variieren diese aufgrund des subjektiven Eindrucks der Citizen Scientists doch sehr stark. Auch wenn die angegebenen Wahrnehmungen daher zwar in der Qualität weniger wertvoll sind, so besteht in der hohen Quantität eine hohe Relevanz für Forschungen. Technische Einrichtungen zur Messung von Erdbeben (Seismographen) werden dabei keineswegs ersetzt. Denn bei dieser Art der Datengewinnung verhält es sich direkt umgekehrt; eine hohe Qualität wird erzielt, jedoch auch eine sehr geringe Quantität. Werden nun beide Methoden gemeinsam für Forschungen verwendet, können bei nachträglichen Bebenanalysen umso wertvollere Ergebnisse erzielt werden. Außerdem dient diese angesprochene Webpage auch Interessierten sich über Erdbebenvorkommen

¹<http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/dyfi/> (abgerufen am 14.12.13, 12:44 Uhr)

zu informieren[2](Abb.2).



Abbildung 2: Did You Feel It? - Karte mit beobachteten Erdbeben und deren Stärke²

Citizen Science fand bis vor kurzem zum größten Teil - wie im obigen Beispiel - bei Naturbeobachtung Verwendung, da hierbei oft wenig bis kein Fachwissen als Voraussetzung zur Wissenschaft gilt. Etwa können Beobachtungen über Vorkommen von Vögeln weltweit und von jedem angestellt werden. Anhand der daraus resultierenden hohen Menge an gesammelten Informationen können Wissenschaftler beispielsweise das Wanderverhalten dieser Tiere erforschen. Leider waren bis dahin die Ergebnisse meist nicht frei und öffentlich einsehbar und somit für Citizen Apps und Websites nicht verwertbar[10].

Spätestens aber seit sich Smartphones auf dem Markt etabliert haben, werden Citizen Science Projekte vermehrt auch in anderen Themenbereichen erfolgreich eingesetzt, unter anderem auch von Regierungen. Denn moderne Smartphones verfügen über Sensoren, wie z.B. GPS, sind meistens dank des gut ausgebauten Telefonnetzes online vernetzt und bieten die Möglichkeit Applikationen speziell für diese Zwecke auf einfache Weise zu benutzen[10][7].

2.2 Citizen Sensing

Der Unterschied zu Citizen Science besteht hierbei darin, dass gesammelte Daten weniger für Forschungen als für - im Rahmen der Citizen Apps und Websites - urbane Weiterentwicklung und Informationsbeschaffung verwendet werden. Dabei werden Menschen als Unterstützung zu mechanischen Sensoren eingesetzt. Beispielsweise spielt hier ebenfalls die GPS-Funktion - die in jedem modernem mobilen Endgerät integriert ist - eine entscheidende Rolle. Das bedeutet, dass zur Datengenerierung keine fest installierten Sensoren und keine spezielle Hardware eingesetzt werden, sondern andere während der Alltagstätigkeit der Bürger getragene Geräte und Sensoren - wie z.B. Smartphones, Tablets oder Navigationsgeräte - dafür verwendet werden.[1] Als wichtigste Vorteile und Nachteile des Citizen Sensing gegenüber traditionellen mechanischen Sensoren gelten:

- Maschinen können entsprechende Daten besser verarbeiten, aber Menschen können diese besser wahrnehmen
- Maschinen sind für längere Aufzeichnungen besser geeignet, aber Menschen sind eher in der Lage Relevantes von Unwichtigem zu differenzieren
- Menschen verfügen über Verstand, eventuell Hintergrundwissen und Erfahrung[4]

²<http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/dyfi/> (abgerufen am 14.12.13, 12:46 Uhr)

Diese Punkte zeigen, dass - ebenso wie bei Citizen Science - Datenerfassung nicht rein durch den Menschen ersetzt werden soll, jedoch unter Umständen im Zusammenspiel beider Möglichkeiten - menschlich und maschinell - die Ergebnisse für die Bearbeitung wertvoller werden können.

3. AUSWERTUNG DER DATEN

3.1 Open Government

Als U.S. Präsident Obama zu Beginn seiner Amtszeit mehr Transparenz, Partizipation und Zusammenarbeit als verwaltungsstrategische Eckpfeiler seiner Präsidentschaft in der Regierung ankündigte und kurz darauf ein erfolgreiches Programm daraus entstand[8], nahmen sich auch andere Staaten dieser Herausforderung an. Es werden bis heute weltweit Anstrengungen getätigt, offener mit der Bevölkerung umzugehen und ihr generell mehr Möglichkeiten der Mitbestimmung zuzuschreiben. Unter anderem werden Citizen Apps und Websites angeboten, bei denen die Bevölkerung in der Entwicklung der Stadt involviert wird[5].

3.2 Open Data

Bei Open Data handelt es sich um ein Konzept, bei dem man für jeden frei zugängliche und ohne Copyright versehene Daten zur Verfügung stellt. Das bedeutet, dass Behörden Informationen nutzen können, die zuvor von der Bevölkerung gesammelt wurden. Andererseits werden von den Regierungen diese Daten bewertet, auf Interessen der Bürger wird eingegangen und Ergebnisse ebenfalls wieder als Open Data der Öffentlichkeit zugänglich gemacht[3]. Weiter unten wird ein solches Konzept vorgestellt.

4. ANWENDUNG BEI CITIZEN APPS UND WEBSITES

Wie die von der Bevölkerung gesammelten Daten von der Regierung verwendet werden um urbane Regionen weiter zu entwickeln und letztendlich einen höheren Lebensstandard zu gewährleisten, wird im folgenden oben angesprochenen Beispiel zu Open Data anhand der "Fix My Street" - Website erklärt.

Dieses aus Großbritannien stammende Angebot wird sehr positiv von der Gesellschaft angenommen, was sich an den großen Nutzerzahlen erkennen lässt. Allein in diesem Staat werden schon über 370000 Meldungen gezählt. Andere Staaten wie z.B. Brasilien oder Deutschland haben das große Potenzial bereits erkannt und bieten ähnliche Angebote an. Leider sind diese aber noch nicht so ausgereift wie jenes in Großbritannien und werden deshalb auch noch weniger benutzt. Der Sinn hinter dieser Website besteht darin, dass Mängel im Bereich von Verkehrswegen von Bürgern entdeckt und online festgehalten werden. Danach wird die Kommune informiert und kümmert sich darum, diese Mängel zu beheben. Sind die Arbeiten abgeschlossen, wird dies wiederum von der Kommune gemeldet und das Problem auf der Webseite als erledigt gekennzeichnet. Die Eingabe wurde auch hier sehr schlicht und einfach gehalten, damit ebenso wie im obigen Beispiel weniger technisch bewanderte Bürger problemlos Anmerkungen eintragen können. Die Funktionsweise läuft dabei folgendermaßen ab: Erst wird die Postleitzahl oder der Name des Stadtteils eingegeben und anschließend die Beobachtung auf einer Karte genau lokalisiert und gekennzeichnet. Danach muss lediglich die Art des Mangels



Abbildung 3: Fix My Street - visuelle Darstellung der gemeldeten Mängel in Edinburgh⁴

angegeben werden und schon kann die Kommune darüber informiert werden.³ Gleichzeitig kann man sich über erfasste Mängel und deren Durchführung erkundigen (Abb.3).

Leider wird (noch) keine entsprechende App angeboten, was dieses Programm gut ergänzen würde. Denn so könnten Bürger direkt von ihrem Standort aus Probleme melden und anhand der integrierten GPS Funktion des Smartphones die Stelle automatisch gekennzeichnet werden. Außerdem würde ein Upload eines Fotos des Problems einfacher und komfortabler von Statten gehen, weil man eine Fotografie nicht später umständlich auf den Computer zu Hause laden muss, um es anschließend auf der Website online zu stellen. Trotzdem bietet dieses Angebot ein exzellentes Beispiel darüber wie Citizen Websites (und Apps) funktionieren können[6].

5. AUSBLICK

Citizen Apps und Websites stecken noch in den Kinderschuhen. Es bestehen noch sehr viele Mängel an Websites und entsprechend darauf abgestimmte Applikationen und umgekehrt. Obwohl schon einige Angebote gut von der Gesellschaft angenommen werden, beinhalten die Meisten noch gravierende Fehler und sind sehr unausgereift. Bei einigen Funktionen wird man darauf hingewiesen, dass diese erst noch entwickelt werden und zum jetzigen Zeitpunkt nicht verfügbar sind. Bei nicht wenigen Angeboten stürzen Apps sporadisch ab, was es der Software schwer macht von der Bevölkerung akzeptiert zu werden. Generell werden Websites besser genutzt, welche sich auch in einem fortschrittlicheren Stadium befinden. Dass derartige Funktionen über Potenzial verfügen, wichtiger Bestandteil der Informationsbeschaffung und Gestaltung in der Entwicklung der heimatlichen Stadt für Bürger zu werden, zeigt sich zweifelsohne an den Nutzerzahlen der entsprechenden Websites.

In Zukunft werden sicherlich auf beiden Seiten (Website und App) noch Fortschritte gemacht werden. Erste Teile der Bevölkerung sind schon auf diese Angebote aufmerksam geworden. Das Interesse der Bevölkerung wird noch weiter steigen und somit wird sich auch das Angebot und die Professionalität neuer und bereits bestehender Software quantitativ als auch qualitativ im positiven Sinne verändern.

³<http://www.fixmystreet.com> (abgerufen am 14.12.13, 11:30 Uhr)

⁴<http://www.fixmystreet.com/reports/City+of+Edinburgh> (abgerufen am 12.12.13, 19:45 Uhr)

6. REFERENCES

- [1] A. ABECKER, W. KAZAKOS, J. de MELO BORGES, and V. ZACHARIAS. Beiträge zu einer technologie für anwendungen des participatory sensing.
- [2] G. M. Atkinson and D. J. Wald. "did you feel it?" intensity data: A surprisingly good measure of earthquake ground motion. *Seismological Research Letters*, 78(3):363, 2007.
- [3] L. BĀTĀGAN. Open data for smart cities. o.J.
- [4] M. N. K. Boulos, B. Resch, D. N. Crowley, J. G. Breslin, G. Sohn, R. Burtner, W. A. Pike, E. Jezierski10, and K.-Y. S. Chuang11. Crowdsourcing, citizen sensing and sensor web technologies for public and environmental health surveillance and crisis management: trends, ogc standards and application examples. 2011.
- [5] S. A. Chun, S. Shulman, R. Sandoval, and E. Hovy. Government 2.0: Making connections between citizens, data and government. *Information Polity*, 15(1):1–9, 2010.
- [6] T. Erickson. Geocentric crowdsourcing and smarter cities: Enabling urban intelligence in cities and regions. In *1st Ubiquitous Crowdsourcing Workshop at UbiComp*. Citeseer, 2010.
- [7] E. A. Graham, S. Henderson, and A. Schloss. Using mobile phones to engage citizen scientists in research. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 92(38):313–315, 2011.
- [8] S. Kohl and M. Hagen. Verwaltung öffne dich: Mehrwert für die bürger durch e-government. *AWV-Informationen*, H, 6:12–14, 2010.
- [9] B. Mandl and P. Schaner. Der weg zum smart citizen–soziotechnologische anforderungen an die stadt der zukunft.
- [10] G. Newman, A. Wiggins, A. Crall, E. Graham, S. Newman, and K. Crowston. The future of citizen science: emerging technologies and shifting paradigms. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10(6):298–304, 2012.
- [11] D. Schuurman, B. Baccarne, L. De Marez, and P. Mechant. Smart ideas for smart cities: investigating crowdsourcing for generating and selecting ideas for ict innovation in a city context. *Journal of theoretical and applied electronic commerce research*, 7(3):49–62, 2012.
- [12] A. Wiggins and K. Crowston. From conservation to crowdsourcing: A typology of citizen science. In *System Sciences (HICSS), 2011 44th Hawaii International Conference on*, pages 1–10. IEEE, 2011.

Nachhaltigkeit durch persuasive Technologie

Lukas Witzani
Universität Passau
witzani@fim.uni-passau.de

ABSTRACT

Umweltprobleme sind seit vielen Jahren ein wichtiges Thema. Menschen müssen nachhaltiger leben, um auch zukünftig die Bereitstellung lebenswichtiger Ressourcen gewährleisten zu können. Effiziente Technologie allein ist für diese Problematik keine allumfassende Lösung. Persuasive Techniken können zusätzlich behilflich sein, Menschen zu einem nachhaltigeren Lebensstil überreden. Dieser Bericht stellt bisherige persuasive Ansätze und Konzepte vor und verschafft einen Überblick über häufig verwendete Methoden.

Keywords

Persuasive Technologie, Nachhaltigkeit, Transport, Emissionen, Energie, Wasser, Gamification, Feedback

1. EINLEITUNG

„Der Begriff Nachhaltigkeit wird meist zusammen mit Klima- und Umweltschutz genannt und (...) soll darauf hinweisen, dass alle Produktionen und Projekte auf einen anhaltenden Schutz unserer Umwelt abzielen sollen. Unter Nachhaltigkeit versteht man, dass lebende regenerierbare Ressourcen nur soweit abgebaut und genutzt werden dürfen, dass sie wieder natürlich nachwachsen können“¹. In vielen Bereichen kommt es zu Auswirkungen, die schlecht für die Umwelt sind. Emissionen durch Energieerzeugung und Fortbewegungsmittel führen zum bekannten Treibhauseffekt und globaler Erwärmung. Die Verschwendug von Strom und Wasser muss reduziert werden, um zukünftige Versorgung zu ermöglichen. Viele Menschen nehmen keinen nachhaltigen Lebensstil an oder wissen nicht, wie sie diesen erreichen können. Durch effizientere Technologie (z.B. in Haushaltsgeräten, Häusern, Autos) wird versucht, eine nachhaltigere Zukunft zu garantieren. Problematisch ist, dass die Menschen diese Technologie nicht immer effizient benutzen [29]

[Seite 4-5], und sie somit keine allumfassende Lösung darstellt. Neben der Entwicklung energieeffizienter Technologien ist es daher auch sinnvoll das Verhalten der Menschen so zu beeinflussen, dass diese sie auch nachhaltig einsetzen. Um dies zu erreichen wird seit einigen Jahren Forschung im Bereich persuasiver Technologie mit Bezug auf Nachhaltigkeit betrieben. Dabei handelt es sich laut Fogg um Technologie, die darauf abzielt, das Verhalten und die Einstellungen ihrer Anwender durch Beeinflussung zu verändern, dabei jedoch weder nötigt noch betrügt [7][Seite 15-16]. Dies kann durch die Verwendung überzeugender Strategien (u.A. Zielsetzung, Selbstüberwachung, Belohnungen) erreicht werden. Die Idee des Einsatzes persuasiver Elemente ist, Technologie so zu entwerfen, dass sie den Nutzer dazu verleitet, sich nachhaltig zu verhalten.

Dieser Bericht beschäftigt sich mit bisherigen Lösungsansätzen, die durch den Einsatz persuasiver Technologien und Techniken versuchen, zu einem nachhaltigeren Verhalten zu motivieren. Aufgeteilt auf die Themenbereiche *Transport*, *Energie* und *Wasser* wird jeweils ein Überblick über häufig angewandte Methoden und Ansätze in der themenspezifischen Literatur gegeben. Im Anschluss werden noch kritische Betrachtungen bisheriger Ansätze aufgezeigt.

2. FORSCHUNGEN UND ANSÄTZE

In den vergangenen Jahren wurden Ansätze entwickelt, die auf verschiedene Weise das große Ziel verfolgen, die Menschen zum nachhaltigen Leben zu ermutigen. Die für diesen Bericht untersuchten Arbeiten beschäftigten sich mit dem Transportverhalten von Personen sowie dem sparsameren Umgang mit Energie und Wasser.

2.1 Transportverhalten

Arbeiten im Transportbereich behandeln vorwiegend zwei Themenbereiche: *eco-driving* und Transportkriterien. *Eco-driving* ist ein Begriff, der für effizientes Fahrverhalten steht [3]. Durch verschiedene Methoden (z.B. moderates Beschleunigen, vorausschauendes Fahren, Abschalten des Motors bei Stillstand) lässt sich der Kraftstoffverbrauch und Emissionsausstoß um etwa 10% reduzieren [3]. Es bestehen bereits technologiebasierte Konzepte, die Fahrer zur effizienten Nutzung ihrer Fahrzeuge überreden sollen.

2.1.1 Eco-Driving

2007 wurde untersucht wie Schulbusfahrer in Amerika zu ökonomischem Fahren ermutigt werden können [24]. Das Konzept beinhaltet ein Bewertungssystem, das dem Fahrer

¹<http://www.oekomedia-institut.de/definition-von-nachhaltigkeit/>, zuletzt geöffnet am 12.12.13

- Lukas Witzani is a student at the University of Passau.
- This research paper was written for the ‘Advances in Embedded Interactive Systems (2014)’ technical report. Passau, Germany

in Echtzeit durch Anzeigen in der Windschutzscheibe Informationen zu seinem Fahrverhalten einblendet. Die Sammlung der Daten lässt einen monatlichen Vergleich mit Kollegen zu, um sie zu motivieren, effizienter zu fahren. In einer Studie mit fünf Personen wurde das Konzept anhand dreier virtueller Autofahrten getestet. Es stellte sich heraus, dass die Anzeige signifikante Verbesserungen im Fahrverhalten aller Teilnehmer bewirkte [24]. Dieses Bewertungssystem fällt unter die persuasive Technik, die *eco-feedback* genannt wird. [10] beschreibt eco-feedback Technologien als solche, die Rückmeldungen über das Verhalten einer Gruppe oder eines Individuums geben, mit dem Ziel die Auswirkung auf die Umwelt zu reduzieren.

2009 präsentierte [23] fünf weitere mögliche Schnittstellen, die beim spritsparenden Fahren unterstützen sollen, und zeigte auch, ob diese Akzeptanz finden würden. Die Akzeptanz von folgenden Ideen wurde getestet: ein autonomer Sprit-Sparmodus, ein Gaspedal mit Widerstand, ein Tachometer mit visuellem Feedback, eine Anzeige mit grünen Blättern und verbales Feedback zum Fahrverhalten. Bei einer Befragung von 57 Personen zeigte sich, dass diese solche Schnittstellen im Auto begrüßen würden [23].

Abseits bereits genannter Möglichkeiten schlagen Inbar et al. vor, *Gamification* zu verwenden, um ökonomisches Fahren zu fördern [17]. Unter *Gamification* versteht man die Verwendung von Designelementen aus Spielen in spielfremdem Kontext um das Engagement von Nutzern zu steigern [6]. Die Idee schlägt vor, Fords *EcoGuide* Armaturenbrett, welches durch Visualisierung mit grünen Blättern versucht den Fahrer zu effizientem Verhalten zu inspirieren (siehe auch [22]), um eine Punkteanzeige zu erweitern [17]. Dies würde Vergleiche zwischen verschiedenen Fahrten oder auch mit anderen Fahrern ermöglichen und motiviert so zu möglichst kraftstoffeffizientem Fahrverhalten [17].

Eine Studie vom Jahr 2012 zeigte das Potenzial persuasiver Technologie bezogen auf effizientes Fahren [33]. Dabei wurde bewiesen, dass sogar unter Umständen, in denen die Fahrer keinen persönlichen Nutzen aus einer effizienten Fahrweise ziehen, Kraftstoffersparnisse erzielt werden können. Hierzu wurden 50 Fahrer, die viel mit dem Firmenfahrzeug unterwegs sind, mit einer mobilen App für ihr Smartphone ausgestattet. Die App namens *DriveGain* gibt während der Fahrt *eco-feedback* zum Fahrverhalten der Nutzer. Als Ergebnis zeigten sich Einsparungen im Kraftstoffverbrauch, was die Annahme stärkt, dass persuasive Feedback-Technologie *eco-driving* begünstigt [33].

2.1.2 Transport- & Routenwahl

Laut einer durch International Energy Agency veröffentlichten Statistik war der Sektor „Transport“ im Jahre 2011 mit 22% weltweit die zweitgrößte Emissionsquelle². Daher ist es wichtig insbesondere den Verkehr in Städten zu reduzieren, besser zu organisieren und nachhaltiger zu gestalten. Wenn es um das Transportverhalten und die Wahl des Transportmittels geht, sind persuasive Ansätze, die diese Themen behandeln, in den letzten Jahren oft mit einer mobilen Applikation verbunden.

Ein früher Ansatz einer solchen Lösung ist in *UbiGreen* zu finden [9]. Er besteht aus einer mobilen Applikation, die das Transportverhalten ihres Nutzers über das Hintergrundbild

²<http://de.statista.com/statistik/daten/studie/167957/umfrage/verteilung-der-co-emissionen-weltweit-nach-bereich/>, zuletzt geöffnet am 3.12.2013

des Telefons visuell darstellt. Je nachdem wie ökonomisch der Anwender unterwegs ist rettet er Polarbären vor steigendem Schmelzwasser oder kann einem Baum beim Gedeihen zusehen. Die Daten, nach denen sich die Anzeige richtet, stammen dabei primär aus der Selbstüberwachung des Nutzers. Eine Studie mit 13 Personen zeigte, dass die Kombination aus visuellem Feedback und der einhergehenden Bewusstseinssteigerung durch eine App brauchbar ist und bei Weiterentwicklung Verhaltensänderungen hervorbringen könnte [9].

Aufbauend auf diesen Forschungen überprüften Gabrielli und Maimone die Effekte einer ähnlichen App für Smartphones, die die Transportwahl dokumentiert [12]. Dabei verwendete die App folgende persuasiven Techniken: Zielsetzung, Selbstüberwachung, Belohnungen, soziale Vergleiche. Eine vierwöchige Studie mit acht Teilnehmern zeigte Vor- & Nachteile dieses Ansatzes auf (siehe [12]). Es konnte ein 14%-Anstieg bei der Benutzung von umweltfreundlichen Transportmitteln verzeichnet werden. Beim Bewusstsein über die Auswirkungen ihrer Transportwahlen auf die Umwelt konnte ebenfalls ein Anstieg erkannt werden [12].

Die App *GreenSense*, die die Problematik mit einer ähnlichen Lösung angeht, lässt sich in [4] finden. Sie unterscheidet sich von [12] jedoch darin, dass sie auch den gesundheitlichen Aspekt berücksichtigt und vor allem auf die Transportwahl beim Weg zum Arbeitsplatz abzielt (z.B. Fahrrad). Die Nutzer sollen dabei durch Hervorhebung des persönlichen Nutzens beeinflusst werden. Das Konzept von *GreenSense* beinhaltet weiterhin ein öffentlich zugängliches Display am Arbeitsplatz, auf dem Informationen zu allen Nutzern angezeigt und visualisiert werden. Durch eine einmonatige Studie konnten Probleme des Ansatzes, sowie deren mögliche Lösung erkannt werden (siehe [4]).

Im Gegensatz zu bisher vorgestellten Konzepten verfolgt *GreenGPS* einen völlig anderen Lösungsweg [15]. *GreenGPS* versucht durch Berechnung der kraftstoffeffizientesten Route, den Fahrer in seiner Routenwahl zu beeinflussen. Durch freiwillige Teilnehmer, die ihr Fahrzeug mit Sensoren ausstatten, werden Daten (darunter Fahrzeugtyp, Dauer, Strecke, Verbrauch) gesammelt, die im Anschluss von der jeweiligen Person auf einen Server hochgeladen und dort verarbeitet werden. Auf einer Webseite können beliebige Zieladressen angegeben werden, zu denen die effizienteste Route berechnet wird. Dieses Konzept wurde prototypisch mit verschiedenen Fahrzeugen getestet. *GreenGPS* konnte zuverlässig zwischen der schnellsten und der kürzesten Strecke die effizientere voraussagen. Durch die Verwendung von *GreenGPS* konnten signifikante Kraftstoffeinsparungen erreicht werden [15].

2.2 Energieverbrauch

Im Jahr 2011 produzierte der Sektor Strom- & Wärmezeugung allein 42% der weltweiten CO₂-Emissionen². Dies bringt großes Potential mit sich, in diesem Sektor Einsparungen für nachhaltigeres Leben erzielen zu können. Bisherige persuasive Ansätze verwenden oft Visualisierungen, um Nutzer Rückmeldungen über ihr Verhalten zu geben. Holmes führte den Begriff *eco-visualization* ein, der für Methoden steht, die durch dynamische Datavisualisierung zu umweltfreundlichen Verhaltensweisen inspirieren sollen [16]. Designelemente aus Spielen, wie sie bei *Gamification* zum Einsatz kommen, werden häufig in Konzepten eingesetzt, die das Bewusstsein über den Energieverbrauch (und des-

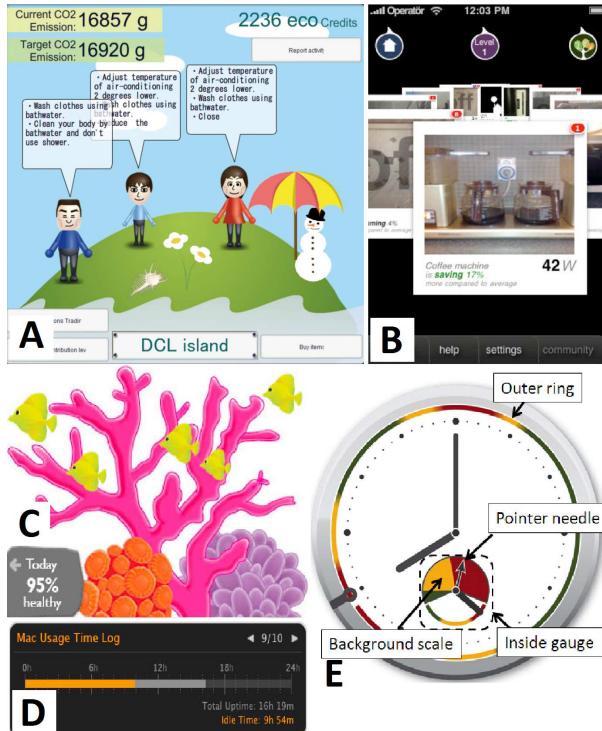


Abbildung 1: Darstellungen (A) zum Spieldesign von EcoIsland, (B) zu einer Übersichtsseite der EnergyLife App, (C)&(D) zu den Visualisierungen von Coralog bzw. TimeLog und (E) dem Konzept von FORE-Watch

sen Wirkung auf die Umwelt) steigern sollen. Ein Ansatz aus 2009 versucht den Lebensstil ganzer Familien durch *eco-visualization* von Emissionen zusammen mit *Gamification* zu verändern [30]. Der Ansatz besteht aus einer Art Spiel namens *EcoIsland*, in dem sich virtuelle Repräsentationen der Familienmitglieder auf einer Insel befinden, die durch steigendes Wasser bedroht wird (siehe Abbildung 1 (A)). Die Höhe des Wasserpegels richtet sich nach der Entfernung zu einem Ziel, dass zu Beginn definiert wurde (z.B. Emissionenreduzierung der Familie um 10%). Das Spiel ist von einem Bildschirm aus spielbar, der in einem belebten Raum (z.B. Wohnzimmer) des Hauses platziert ist. Es schlägt Aktivitäten vor, die Energieeinsparungen mit sich bringen. Bei Absolvierung muss die jeweilige Aktivität nach dem Schema der Selbstüberwachung in eine App oder am Rechner eingetragen werden. Auf diese Weise bleibt nicht nur der Wasserpegel niedrig, es wird auch virtuelles Geld verdient. Vergleiche mit den Inseln anderer Familien führen zu Wettbewerbsbedingungen und steigern die Motivation. In einer prototypischen Studie konnten erste Erkenntnisse über das System gewonnen werden, die damals wenige Anpassungen am Konzept forderten (z.B. automatische Erkennung absolvierter Aktivitäten) [30]. Ähnliche Ansätze von Spielen, die im Gegensatz zu *EcoIsland* Sensoren verwenden, um den Energiekonsum zu verfolgen, findet man in *Power House* [2] [26] und *LEY* [21].

Das fortschrittlichste Konzept dieser Art ist jedoch die mobile Applikation *EnergyLife* [13] [14] [31]. Im Gegensatz zu

Power House und *LEY* wird in *EnergyLife* auch der Verbrauch einzelner Geräte in Echtzeit aufgezeigt, so dass genaueres Feedback zum Energiekonsum gegeben werden kann (Abbildung 1 (B)). Weiterhin versucht *EnergyLife* den Nutzer explizit über Levels langfristig an die App zu binden. Diese Levels bauen auf sogenannten Bewusstseins-Punkten auf, die durch Stromeinsparungen, das Lesen von Ratschlägen oder die richtige Beantwortung von Quizfragen verdient werden können. Ab einem bestimmten Level wird der Zugang zu einer Community freigeschaltet, in der man sich mit anderen austauschen und sich mit ihnen vergleichen kann. In das Konzept ist ein Controller integriert, der bestimmte Lichter im Haus regulieren und zusätzlich zur App Hinweise zum Energiekonsum geben kann [31]. Das Konzept wurde anhand einer Studie mit 24 Teilnehmern evaluiert und konnte mithilfe der durchaus positiven Testergebnisse weiterentwickelt werden [13]. Eine Folgerung war, dass Vorschläge zum Stromsparen besser auf die Nutzer zugeschnitten sein mussten. Es wurden daher kontextualisierte Tipps integriert. Diese beziehen sich auf einzelne Geräte, bei denen bestimmtes Verhalten im Energiekonsum erkannt wurde (z.B. Soundanlage im Standby seit 10 Stunden). Die App schlägt bei Erkennung eines solchen Verhaltens Maßnahmen vor (z.B. Soundanlage bei Nichtgebrauch völlig vom Stromnetz trennen), die diesbezüglich zu Energieeinsparungen führen [13]. Eine genaue Erläuterung zu diesen Tipps lässt sich in [14] finden.

In [27] von 2012 findet man einen ähnlichen Ansatz eines persuasiven Spiels, wie man ihn auch bei der oben genannten *PowerHouse*-Anwendung von [26] sehen kann. Dieser Ansatz versucht jedoch anhand eines öffentlich zugänglichen Displays mit Bewegungserkennung (durch Microsofts Kinect) das Ziel zu erreichen, den Spielern einfache Methoden zur Energieeinsparung näher zu bringen. Die Spieler werden durch die Räume eines Hauses geführt und müssen dort jeweils erkennen, was das Problem ist. Gefundene Probleme müssen mit Energiesparmaßnahmen durch passende Gesten behoben werden. Die Auswirkungen werden über Feedback auf dem Display visualisiert. Das Spiel ist nicht darauf ausgelegt, dass man sich langfristig damit beschäftigt. Die Zielvorgaben können binnen weniger Minuten erreicht werden. Bei einem Tag-der-offenen-Tür an einer Universität wurde das Konzept mit vielen Teenagern getestet und fand dabei sehr positive Resonanz [27].

Einen Visualisierungsansatz, der vor Allem auf die Erhöhung des Umweltbewusstseins abzielt, ohne dabei zu sehr einzuschränken, liefert [18]. Hierbei wurde untersucht, wie sich zwei unterschiedliche Anzeigen, die beide das Verhältnis von Computerlaufzeit und Computerbenutzung visualisieren, auf die Verhaltensweisen der Computernutzer auswirken. Die TimeLog-Anzeige (Abbildung 1 (D)) ist numerisch und wurde mit Balkendiagrammen ausgestattet. Coralog (Abbildung 1 (C)) besteht aus einer dynamische Animation mit Fischen und Korallen, die mit zunehmender Verschlechterung des genannten Verhältnisses mehr und mehr absterben. Die Arbeit zeigte, dass solch Visualisierungen zu Bewusstseinssteigerungen führen können und dass dabei metaphorische Anzeigen emotionalere Wirkungen auf Nutzer haben als numerische [18]. Nutzer möchten die Gesundheit der Koralle nicht gefährden und verhalten sich dementsprechend anders (vergleiche [32]).

Weiterhin verfolgen Schrammel et al. das Konzept einer Uhr, die neben der Uhrzeit auch anzeigen, wann man Strom ver-

brauchen sollte [28]. Schrammel et al. argumentieren, dass es wichtig sei, Strom zum richtigen Zeitpunkt zu verbrauchen (z.B. bei Stromüberschuss oder wenn Strom aus nachhaltigen Quellen stammt), da dies auch positive Auswirkungen auf die Umwelt haben kann [28]. Durch die Ampelfarben rot, gelb und grün visualisiert die Uhr die Verfügbarkeit von Öko-Strom in den nächsten zwölf Stunden (siehe Abbildung 1 (E)). Nutzer sollen dazu angeregt werden, vor Benutzung eines Geräts (z.B. Waschmaschine) auf die Uhr zu sehen und mit der Aktivierung noch auf einen besseren Zeitpunkt zu warten. Ein Test des Konzepts fand nicht statt [28].

2.3 Wasserkonservierung

Forschungen, die sich mit der Einsparung von Wasser beschäftigen, basieren meist auf *eco-visualization*. Ein früher Ansatz zeigt sich in *Waterbot* [1]. Dabei wird anhand einer simplen Anzeige durch ein an Wasserhähnen angebrachtes Peripheriegerät visualisiert, wie es um den Wasserverbrauch steht. Durch Töne und Lichteffekte wird dem Nutzer Feedback vermittelt [1]. Auf das Konzept von *Waterbot* aufbauend, beschäftigen sich Kuznetsov und Paulos mit ähnlichen persuasiven Anzeigen [20]. Mit dem Ziel das Bewusstsein über die Notwendigkeit Wasser zu sparen zu steigern, beschreiben Kuznetsov und Paulos mehrere Prototypen für Wasserhähne und Duschvorrichtungen, die ebenso mit Lichteffekten aber auch numerischen Anzeigen experimentieren [20]. In privaten Haushalten konnten mit diesen Geräten Wassereinsparungen erzielt werden [20]. Um das Bewusstsein über Wasserkonsum im eigenen Haushalt zu steigern beschäftigen sich Fröhlich et al. mit einem fortschrittlicheren Ansatz [11]. Durch Sensoren kann der Verbrauch an jedem Wasserhahn erkannt und dargestellt werden. Dies nutzen Fröhlich et al. mit verschiedenen *eco-feedback* Anzeigen, die einerseits die gesammelten Daten aller Hähne visualisieren und andererseits über experimentelle Darstellungen (u.A. Trends, Konsum pro Raum, Person und Verwendungszweck) versuchen, dem Nutzer Bewusstsein über sein Konsumverhalten zu vermitteln [11]. Bei einer Umfrage stieß dieser Ansatz auf Interesse und bietet sich nun als Grundlage für weitere Forschung an [11].

3. KRITIK AN BISHERIGEN ANSÄTZEN

Neben persuasiven Lösungen finden sich in der Literatur auch mehrere Arbeiten, die bestimmte Ansätze mit kritischem Auge betrachten und Schwächen, sowie mögliche Verbesserungen aufzeigen. Die bisher vorgestellten Hilfsmittel ähneln sich insofern, dass sie den Nutzern Informationen präsentieren, die unabhängig von ihren Einstellungen und umweltbezogenen Bedenken sind. Jede Person bekommt die selben Informationen präsentiert, egal wie motiviert oder interessiert sie ist.

Petkov et al. adressieren diese Problematik und zeigen anhand eines Vorschlags, wie eine Lösung dazu aussehen könnte [25]. Petkov et al. argumentieren damit, dass Leute mit unterschiedlichen Werten auch unterschiedliche umweltbezogene Bedenken haben und daher auch mit abweichendem *eco-feedback* versorgt werden sollten [25]. Als Beispiel, wie angepasstes Feedback aussehen kann, wird die Unterteilung nach egoistischen, uneigennützigen, biosphärischen und sozialen Bedenken seitens der Nutzer vorgeschlagen. Eine Person mit egoistischen Bedenken erhält Informationen, die sie betreffen (z.B. ihre Gesundheit, ihren Lebensstil, ihre Zukunft). Selbstlose Personen erhalten Informationen darüber,

wie unökonomisches Verhalten andere betrifft (z.B. Kinder). Leute, die mit biosphärischem Feedback motiviert werden können, werden Auswirkungen auf die Tier- oder Pflanzenwelt aufgezeigt. Individuen, denen die Einstellung anderer wichtig ist, werden Informationen dazu präsentiert, wenn sich jene umweltfreundlicher verhalten. Anhand einer Studie mit 77 Teilnehmern wurde der Vorschlag genauer untersucht. Ergebnisse der Studie führten zu Design-Richtlinien, die für zukünftige Arbeiten auf dem Gebiet von *eco-feedback* betrachtet werden sollten (siehe [25]).

Eine weitere Kritik an bisherigen persuasiven Ansätzen wurde 2010 ausgesprochen. Kirman et al. sind der Ansicht, dass es bisherigen Lösungen an aversivem Feedback fehlt, da beim Erlernen neuer Verhaltensweisen in der Natur auch „Bestrafung“ zu den fundamentalen Aspekten zählt [19]. Bisherige Lösungen vergeben meist Belohnungen, wenn ein Ziel erreicht wurde. Bei Nichterreicherung des Ziels fehlt es jedoch an Feedback. Kirman et al. setzen sich weiter mit dieser Problematik auseinander und stellen eine mögliche Lösung (ein System, das Energiezufuhr unterbricht) dazu vor [19]. Bei einer Untersuchung konnte herausgefunden werden, dass aversives Feedback bei moderatem Einsatz für Nutzer kein Hindernis darstellt, Geräte bzw. Applikationen zu verwenden, die dieses integriert haben [8].

Der in 2013 vorgestellte Wasserkocher namens *Stroppy Kettle* [5] baut auf diesen Forschungen auf und versucht die Gewohnheit, zu viel Wasser zu erhitzen, mit Bestrafung zu durchbrechen. Die prototypische Umsetzung besteht aus einem Wasserkocher, der bei unangebrachter Befüllung nur funktioniert, wenn man eine zeitaufwendige Tätigkeit auf einem Smartphone absolviert [5].

4. ZUSAMMENFASSUNG

In diesem Bericht wurden Forschungen und beliebte Lösungsansätze vorgestellt, die die Menschen durch den Einsatz persuasiver Technologien und Techniken zu nachhaltigem Verhalten bewegen sollen. Der Bericht konzentriert sich dabei auf die Hauptbereiche, die in Forschungen in diesem Gebiet thematisiert werden: Emissionen, Energie und Wasser. Dazu wurden auch zwei kritische Betrachtungen dieser Ansätze dargelegt, die Forscher zum Überdenken und zur Weiterentwicklung ihrer Konzepte anregten.

5. REFERENCES

- [1] E. Arroyo, L. Bonanni, and T. Selker. Waterbot: exploring feedback and persuasive techniques at the sink. In *Proc. of CHI '05*, pages 631–639. ACM, 2005.
- [2] M. Bang, C. Torstensson, and C. Katzeff. The powerhouse: A persuasive computer game designed to raise awareness of domestic energy consumption. In *Persuasive Technology*, pages 123–132. Springer, 2006.
- [3] J. N. Barkenbus. Eco-driving: An overlooked climate change initiative. *Energy Policy*, 38(2):762–769, 2010.
- [4] P.-C. Chen, T. Jeng, Y.-S. Deng, and S.-F. Chien. Greensense: developing persuasive service technology by integrating mobile devices and social interaction for sustainable and healthy behavior. In *Universal Access in Human-Computer Interaction. User and Context Diversity*, pages 345–354. Springer, 2013.
- [5] B. R. Cowan, C. P. Bowers, R. Beale, and C. Pinder. The stroppy kettle: an intervention to break energy

- consumption habits. In *CHI '13 EA*, pages 1485–1490. ACM, 2013.
- [6] S. Deterding, D. Dixon, R. Khaled, and L. Nacke. From game design elements to gamification: defining gamification. In *Proc. of Mindtrek '11*, pages 9–15. ACM, 2011.
 - [7] B. J. Fogg. *Persuasive Technology: Using Computers to Change what we Think and Do*. Morgan Kaufmann, San Francisco, 2003.
 - [8] D. Foster, C. Linehan, S. Lawson, and B. Kirman. Power ballads: deploying aversive energy feedback in social media. In *CHI '11 EA*, pages 2221–2226. ACM, 2011.
 - [9] J. Froehlich, T. Dillahunt, P. Klasnja, J. Mankoff, S. Consolvo, B. Harrison, and J. A. Landay. Ubigreen: investigating a mobile tool for tracking and supporting green transportation habits. In *Proc. of CHI '09*, pages 1043–1052. ACM, 2009.
 - [10] J. Froehlich, L. Findlater, and J. Landay. The design of eco-feedback technology. In *Proc. of CHI '10*, pages 1999–2008. ACM, 2010.
 - [11] J. Froehlich, L. Findlater, M. Ostergren, S. Ramanathan, J. Peterson, I. Wragg, E. Larson, F. Fu, M. Bai, S. Patel, et al. The design and evaluation of prototype eco-feedback displays for fixture-level water usage data. In *Proc. of CHI '12*, pages 2367–2376. ACM, 2012.
 - [12] S. Gabrielli and R. Maimone. Are change strategies affecting users' transportation choices? In *Proc. of CHItaly '13*, page 9. ACM, 2013.
 - [13] L. Gamberini, N. Corradi, L. Zamboni, M. Perotti, C. Cadenazzi, S. Mandressi, G. Jacucci, G. Tusa, A. Spagnolli, C. Björkskog, et al. Saving is fun: designing a persuasive game for power conservation. In *Proc. of ACE '11*, page 16. ACM, 2011.
 - [14] L. Gamberini, A. Spagnolli, N. Corradi, G. Jacucci, G. Tusa, T. Mikkola, L. Zamboni, and E. Hoggan. Tailoring feedback to users' actions in a persuasive game for household electricity conservation. In *Persuasive Technology. Design for Health and Safety*, pages 100–111. Springer, 2012.
 - [15] R. K. Ganti, N. Pham, H. Ahmadi, S. Nangia, and T. F. Abdelzaher. Greengps: A participatory sensing fuel-efficient maps application. In *Proc. of MobiSys '10*, pages 151–164. ACM, 2010.
 - [16] T. G. Holmes. Eco-visualization: combining art and technology to reduce energy consumption. In *Proc. of C&C '07*, pages 153–162. ACM, 2007.
 - [17] O. Inbar, N. Tractinsky, O. Tsimhoni, and T. Seder. Driving the scoreboard: motivating eco-driving through in-car gaming. In *CHI Gamification Workshop*, 2011.
 - [18] T. Kim, H. Hong, and B. Magerko. Designing for persuasion: toward ambient eco-visualization for awareness. In *Persuasive technology*, pages 106–116. Springer, 2010.
 - [19] B. Kirman, C. Linehan, S. Lawson, D. Foster, and M. Doughty. There's a monster in my kitchen: using aversive feedback to motivate behaviour change. In *CHI '10 EA*, pages 2685–2694. ACM, 2010.
 - [20] S. Kuznetsov and E. Paulos. Upstream: motivating water conservation with low-cost water flow sensing and persuasive displays. In *Proc. of CHI '10*, pages 1851–1860. ACM, 2010.
 - [21] R. N. Madeira, A. Silva, C. Santos, B. Teixeira, T. Romão, E. Dias, and N. Correia. Ley!: persuasive pervasive gaming on domestic energy consumption-awareness. In *Proc. of ACE '11*, page 72. ACM, 2011.
 - [22] A. Marcus and S. Abrormowitz. The driving machine: Mobile ux design that combines information design with persuasion design. In A. Marcus, editor, *Design, User Experience, and Usability. User Experience in Novel Technological Environments*, volume 8014 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 140–149. Springer Berlin Heidelberg, 2013.
 - [23] A. Meschtscherjakov, D. Wilfinger, T. Scherndl, and M. Tschelegi. Acceptance of future persuasive in-car interfaces towards a more economic driving behaviour. In *Proc. of AutomotiveUI '09*, pages 81–88. ACM, 2009.
 - [24] T. Pace, S. Ramalingam, and D. Roedl. Celerometer and idling reminder: persuasive technology for school bus eco-driving. In *CHI '07 EA*, pages 2085–2090. ACM, 2007.
 - [25] P. Petkov, S. Goswami, F. Köbler, and H. Krcmar. Personalised eco-feedback as a design technique for motivating energy saving behaviour at home. In *Proc. of NordiCHI '12*, pages 587–596. ACM, 2012.
 - [26] B. Reeves, J. J. Cummings, J. K. Scarborough, J. Flora, and D. Anderson. Leveraging the engagement of games to change energy behavior. In *Collaboration Technologies and Systems (CTS), 2012 International Conference on*, pages 354–358. IEEE, 2012.
 - [27] R. Salvador, T. Romão, and P. Centieiro. A gesture interface game for energy consumption awareness. In *Advances in Computer Entertainment*, pages 352–367. Springer, 2012.
 - [28] J. Schrammel, C. Gerdentitsch, A. Weiss, P. M. Kluckner, and M. Tschelegi. Fore-watch—the clock that tells you when to use: persuading users to align their energy consumption with green power availability. In *Ambient Intelligence*, pages 157–166. Springer, 2011.
 - [29] M. Shipworth. Motivating home energy action. *Australian Greenhouse Office*, 2000.
 - [30] M. Shiraishi, Y. Washio, C. Takayama, V. Lehdovirta, H. Kimura, and T. Nakajima. Using individual, social and economic persuasion techniques to reduce co 2 emissions in a family setting. In *Proc. of Persuasive 2009*, page 13. ACM, 2009.
 - [31] A. Spagnolli, N. Corradi, L. Gamberini, E. Hoggan, G. Jacucci, C. Katzeff, L. Broms, and L. Jönsson. Eco-feedback on the go: Motivating energy awareness. *Computer*, 44(5):38–45, 2011.
 - [32] T. Stockinger, M. Koelle, P. Lindemann, L. Witzani, and M. Kranz. SmartPiggy: A Piggy Bank That Talks to Your Smartphone. In *Proceedings of MUM '13*, pages 42:1–42:2, New York, NY, USA, 2013. ACM.
 - [33] J. Tulusan, T. Staake, and E. Fleisch. Providing eco-driving feedback to corporate car drivers: what impact does a smartphone application have on their fuel efficiency? In *Proc. of Ubicomp '12*, pages 212–215. ACM, 2012.

Copyright Notes

Permission to make digital or hard copies of all or parts of this technical report for personal use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage. The copyright remains with the individual authors of the manuscripts.